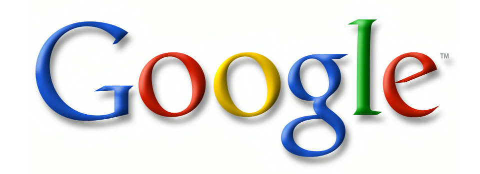
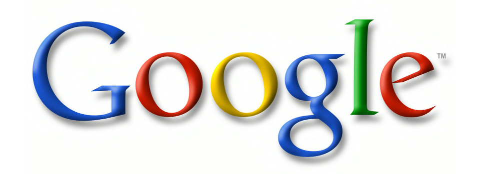












SCHLEPP- UND SCHRAUBENVERSUCHE

IM ODER-SPREEKANAL UND IM GROSS-SCHIFFAHRTWEG BERLIN-STETTIN

NEUE GESICHTSPUNKTE FÜR DEN SCHIFFAHRTSBETRIEB AUF KANÄLEN

MIT GENEHMIGUNG DES HERRN MINISTERS DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN VERÖFFENTLICHT

VON


E. MATTERN
REGIERUNGS- UND BAURAT IN POTSDAM
PRIVATDOZENT AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE BERLIN

MAX BUCHHOLZ
KÖNIGL. REGIERUNGSBAUMEISTER
LIEPE-FINOWKANAL

MIT 89 ABBILDUNGEN, DAVON 16 AUF TAFEL I—IX UND 3 ALS FARBIGE TAFELN



LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1912

VORWORT.

Aus den nachstehend mitgeteilten Versuchen sollte eine Grundlage gewonnen werden zu den strom- und schiffahrtspolizeilichen Vorschriften für den Betrieb auf dem Großschiffahrtweg Berlin-Stettin, im besonderen zu Leitsätzen für die Zulassung von Dampfern auf der Scheitelhaltung dieser Wasserstraße. Es kam darauf an, die Maschinenleistungen der Schleppdampfer zu ermitteln und den Angriff der Schraubenarbeit auf die Kanalsohle und den der Bugwelle auf die Uferbefestigungen zu prüfen. Dieses sollte geschehen sowohl unter dem Gesichtspunkt, der Schiffahrt einen wirtschaftlich vorteilhaften Verkehr auf dem neuen Kanal zu ermöglichen, wie im Interesse der Schonung und Erhaltung des Kanalbettes, um die dauernde Betriebssicherheit zu wahren und die Unterhaltungskosten in angemessenen Grenzen zu halten.

Die neuen Gesichtspunkte, die aus diesen Versuchen für den zukünftigen Schiffahrtsbetrieb auf Kanälen gewonnen wurden, kennzeichnen sich vornehmlich in der Berücksichtigung der Schraubenform und in der Einteilung der Schleppdampfer und Bemessung ihrer Stärke nach Maßgabe ihrer Einwirkung auf das Kanalbett. Daneben wird eine Reihe von Einzelergebnissen nicht ohne Interesse sein, wie die Feststellung des Einflusses der Schlepplast, der Schraubenform und der Dampfertypen auf das Schleppvermögen, der Einfluß der Zahl der Umdrehungen der Schiffsschraube, die Beziehungen zwischen Fahrgeschwindigkeit, Schlepplast und Kohlenkosten, Sonderversuche mit neueren Konstruktionen, um die schädigenden Wirkungen des drehenden Wasserzylinders auf das Kanalbett zu vermeiden u. a. m.

Die Betriebsvorschriften für den Verkehr auf dem neuen Großschiffahrtweg sind nach den Ergebnissen dieser Versuche aufgestellt worden. Die Leitung der Versuche lag in den Händen der Unterzeichneten.

Die Verfasser.



INHALTSVERZEICHNIS.

Schlepp- und Schraubenversuche im Oder-Spreekanal und im Großschiffahrtweg Berlin—Stettin.

Anlaß und Aufgabe der Versuche.

Der Anlaß zu den Versuchen war, zur Klärung der Frage beizutragen, in welcher Weise sich der Betrieb auf dem Großschiffahrtweg Berlin—Stettin gestalten soll. Im besonderen wurde mit den Versuchen der Zweck verfolgt, festzustellen, mit welcher Maschinenkraft des schleppenden Dampfers drei vollbeladene Anhängerschiffe von 600 t Tragfähigkeit bei 3,5 km Stundengeschwindigkeit fortbewegt werden können. Im übrigen sollte auch geprüft werden, wie stark sich bei dieser Maschinenleistung der Angriff der durch die Schraube des Dampfers hervorgerufenen Wasserbewegung auf die Kanalsohle und der der Bugwelle auf die Uferbefestigungen geltend macht.

Diese Schraubenversuche hatten deswegen besondere Bedeutung, weil die Scheitelhaltung des Großschiffahrtweges Berlin—Stettin bei einer Gesamtlänge von rund 50 km zwischen der Lehnitzschleuse und dem Abstieg zur Oder bei Niederfinow auf zwei Strecken von zusammen 25 km Länge mit dem Wasserspiegel oder selbst mit der Sohle über dem anstoßenden Gelände liegt und darum mit einer abdichtenden Tonlage versehen ist. Der Kanalschlauch ist in sandigem, wasserdurchlässigem Boden eingeschnitten und auch die seitlichen Dämme mußten aus diesem Material geschüttet werden. Die Abdichtung war also nötig, um Wasserverluste durch Versickerungen im Betriebe zu vermeiden. Diese Tonlage hat, je nach den örtlichen Verhältnissen, eine Stärke von 30 bis 40 cm, an einzelnen Stellen, z. B. an der Kanalüberführung über das Ragöser Tal, wo der Wasserspiegel rund 28 m über der Talsohle liegt, und an einigen anderen Stellen eine Stärke bis 80 cm erhalten. Die Tonschicht ist mit einer in der Sohle 40 cm, an den Böschungen 50 cm starken Deckschicht aus mehr oder weniger grobem Sand versehen zum Schutze der Tonlage gegen äußere Beschädigungen. Das Dichtungsmaterial ist Geschiebemergel (Ton), teilweise mit etwas Sandgehalt. Die Verdichtung der Tonlage ist durch Abwalzen mit Motorwalzen erfolgt[1]). Die Beschädigung dieser mit einem großen Kostenaufwande hergestellten Abdichtung müßte zu Durchsickerungen, mithin zu Wasserverlusten und Verwässerungen der anliegenden Ländereien führen, wie dies an anderen Kanälen geschehen ist. Die Mitte des Kanalquerschnittes wurde dabei durch die Schrauben der Dampfer ausgetieft, die Seiten durch den ausgespülten Boden aufgehöht, so daß in ursprünglich zweischiffigen Kanälen stellenweise ein Begegnen der Schiffe nicht mehr möglich war und die Schiffahrt erschwert wurde. Das hat unter anderem am Oder-Spreekanal schon nach wenigen Jahren seines Bestehens sehr umfangreiche und kostspielige Nacharbeiten nötig gemacht. Solche Vorgänge erweisen, daß die abgedichteten Kanalstrecken eine besondere Berücksichtigung im Schiffahrtsbetrieb finden müssen.

---

1) Siehe Zeitschrift für Bauwesen 1910 S. 455.

I. Schleppversuche im Oder-Spreekanal bei Wernsdorf in der Zeit vom 7. bis 12. März 1910

(Vorversuche).

1. Beschreibung der Versuchseinrichtungen.

a) Versuchsstrecke.

Anfänglich war in Aussicht genommen, die Versuche auf dem Spandauer Schiffahrtkanal bei Saatwinkel auszuführen. Dieser Durchstich war im Frühjahr 1910 zwar ausgehoben, doch war diese Kanalstrecke für 600 t-Kähne nicht zugänglich, weil die neuen Schleusen in Plötzensee und in Spandau noch nicht fertiggestellt waren. Da die Frage drängte und es galt, zum mindesten ein vorläufiges Ergebnis zu finden, wurde die Kanalstrecke der Spree-Oder-Wasserstraße östlich vom Müggelsee, zwischen dem Seddin- und Wernsdorfer See belegen, für diese ersten Versuche gewählt. (Abb. 1 und 2, auf Taf. I).

Wie aus einem Vergleich der Abb. 3 (Taf. I) und 21 und aus der nachstehenden Tabelle zu ersehen ist, hat diese Kanalstrecke einen ähnlichen Querschnitt wie der Kanal des Großschiffahrtweges.

Querschnitt der Versuchsstrecke im Oder-Spreekanal und des Großschiffahrtweges.

	Wasserspiegelbreite m	Wassertiefe m	Wasserquerschnitt qm	Bemerkungen
Großschiffahrtweg Berlin—Stettin: Kanal-Querschnitt in Dichtungsstrecken	33,0	3,0	67,99 = rd. 68 während der Versuche 68—73 qm	bei Normal-Wasserstand + 31,30 N. N.
Versuchsstrecke im Oder-Spreekanal bei Wernsdorf	31,7	3,20	70,45 = rd. 70,5 während der Versuche 71,7 qm	bei Normal-Wasserstand + 2,02 a. P.

Die Versuchsstrecke hat eine Länge von 1600 m und liegt fast in ihrer ganzen Ausdehnung in einer Graden. Am östlichen Ende ist in etwa 200 m Entfernung vom Beginn der Stationierung (0) ein leichter Knick vorhanden, bei Station 15 ist der Kanal durch eine Brücke mit Mittelpfeiler überbrückt. Diese beiden Endstrecken wurden bei den Fahrten für den An- und Auslauf gebraucht, so daß die eigentliche Versuchsstrecke vollkommen grade war. Die Böschungen des Kanals sind am südlichen Ufer mit einer Abdeckung aus Steinen und Kalksandstein zum Schutze gegen den Wellenangriff versehen. Am Nordufer ist der Kanal durch Betonplatten, die sich gegen eine Spundwand stützen, abgedeckt.

Wegen einiger Ablagerungen, die sich im Kanalschlauch gebildet hatten, waren unmittelbar vor Beginn der Versuche Baggerungen erfolgt, um den vorgeschriebenen Querschnitt herzustellen. Die Kanalsohle bildet eine im allgemeinen feste Sandlagerung. Sie unterscheidet sich darin von der Sohlenbeschaffenheit des Großschiffahrtweges, dessen Sohle zwar auch aus Sandboden besteht. Jedoch ist dieser Sand ein wenig leichter beweglich.

Der eingetauchte Schiffsquerschnitt hat eine Fläche von $8{,}0 \cdot 1{,}75 = 14{,}00$ qm. Das Verhältnis von Schiffsquerschnitt zu Kanalquerschnitt ist somit rund 1 : 5.

Wernsdorf.

nach der Oder

Wernsdorfer
See

I. S

Saat
Kan
noch
Erge
zwis
und

erse
weg

Que

in
ein
brü
daß
süd
ang
stü

Be
Ka
Sol
Jed

vo

b) Schleppdampfer.

Für die Versuchsfahrten wurden fünf Dampfer von verschiedener Größe und Leistung angemietet. Von diesen sind die Dampfer »Ida«, »Willy«, »Friedefürst« und »Prinz Eitel Friedrich« reine Schleppdampfer, während der Dampfer »Glückauf« in erster Linie für Bereisungen gebaut ist und nur vorübergehend im Schleppbetrieb Verwendung findet.

Die Hauptdaten über Abmessungen, Bauart und Maschinenausrüstung dieser Dampfer sind in der Tabelle Nr. 1 (S. 5) zusammengestellt. (Siehe auch Abb. 4 bis 8.)



Abb. 4. Dampfer »Ida«.



Abb. 5. Dampfer »Willy«.



Abb. 6. Dampfer »Friedefürst«.



Abb. 7. Dampfer »Prinz Eitel-Friedrich«.



Abb 8. Dampfer »Glückauf«.
(Bereisungsdampfer des kgl. Hauptbauamtes Potsdam.)

Tabelle 1. Dampfer der Schlepp- und Schraubenversuche bei Wernsdorf und Saatwinkel.

Name des Dampfers	Schiffsgattung	Jahr der Erbauung	Tragfähigkeit in t	Tiefgang in m	Größte Länge über Alles in m	Größte Breite über Alles in m	Völligkeitsgrad	Schrauben: Anzahl der Schrauben	Anzahl der Flügel	Durchmesser der Schrauben	Eintauchtiefe	Maschinen: Jahr der Erbauung	Anzahl	Bauart	Größte Dauerleistung in PSi
Ida	Schraubendampfer	1880	24	1,38	19,72	3,36	0,718%	1	3	1,13	1,34	1880	1	Steh. 2 Zyl. Verb. m. Kond.	70
Friedefürst	do.	1901	20	1,27	19,5	4,3	0,709%	1	3	1,20	1,21	1907	1	do.	90
Helgoland .	do.	1894	15	—	18,23	4,3	0,749%	1	4	1,10	1,34	1894	1	do.	90
Elfriede .	do.	—	—	1,40	14,5	3,5	—	1	4	—	1,40	—	1	do.	—
Alfred . .	do.	1904	17	1,35	16,53	3,84	0,744%	1	3	1,15	1,35	1904	1	do.	90
Willy . . .	do.	1893	18,5	1,37	18,92	4,1	0,777%	1	3	1,22	1,27	1893	1	do.	95
Friedrich Wilhelm	do.	1890	19	1,28	18,55	3,87	0,777%	1	3	1,23	1,28	1890	1	do.	110
Gustchen .	do.	—	—	—	19,20	4,55	—	1	4	1,35	—	—	1	do.	120
Glückauf .	do.	1907	—	1,25	21,45	3,85	—	1	4	1,20	1,20	1907	1	do.	126
Anna . . .	Doppelschraubendampfer	1887	9	—	15,2	4,22	0,812%	2	3	0,95	1,12	—	2	do.	80
Rhein. . .	do.	1895	73	—	22,69	5,23	0,775%	2	4	1,26	1,24	1895	2	do.	150
Prinz Eitel Friedrich	Schraubendampfer	1906	18	1,28	25,45	4,95	0,759%	1	3	1,40	1,23	1906	1	Steh. 3 Zyl. Verb. m. Kond.	160
Siegesfürst	do.	1909	57	—	30,90	5,33	0,814%	1	3	1,50	1,29	1909	1	do.	280
Klara. . .	Thornycroftheckdampfer	1910	60	1,15	32,75	6,42	0,779%	1	3	1,48	1,15	1910	1	do.	240
Goeben . .	Doppelschrauben-Frachtdampfer	1890	250	1,55	52,5	6,75	0,8%	2	3	1,3	1,4	1890	2	Steh. 2 Zyl. Verb. m. Kond.	150
Falk . .	Einschrauben-Frachtdampfer	1877	138	1,57	40,1	4,6	0,88%	1	3	1,35	1,36	—	1	do.	100

c) Schleppkähne.

Trotz der Umfrage bei einer Anzahl größerer Reedereien war es für diese ersten Versuche nicht möglich, Kähne von den beabsichtigten Abmessungen: 65 m Länge, 8,0 m Breite und 1,75 m Tiefgang anzumieten. Die verwendeten Kähne waren 55 m lang und hatten eine größte Breite von 8,0 m (Odermaß). Obwohl ihr größter Tiefgang nach Maßgabe der Fahrwasserverhältnisse im allgemeinen nur 1,50 m ist, wurden die Kähne für die Zwecke des Versuchs bis auf 1,75 m Tiefgang beladen. Wie aus den Auszügen aus den Eichscheinen Tabelle 2 (S. 6) ersichtlich ist, beträgt die Tragfähigkeit der Kähne bei diesem Tiefgange rund 545 t.

Bauart, Querschnitt und Abmessungen der Kähne sind aus den Abb. 9 bis 12 (S. 6 u. 7) und der Tabelle 2 ersichtlich. Der eine der Kähne (Nr. 4497) hat vollkommen eiserne Wandungen, sowohl im Boden wie an den Seitenwänden. Bei den andern beiden Kähnen Nr. 425 und 663 sind die Seitenwandungen ebenfalls aus Eisen, der Boden aber aus Holz. Der Boden der Kähne ist flach. Der Tiefgang der leeren Kähne ist i. M. 0,35 m.

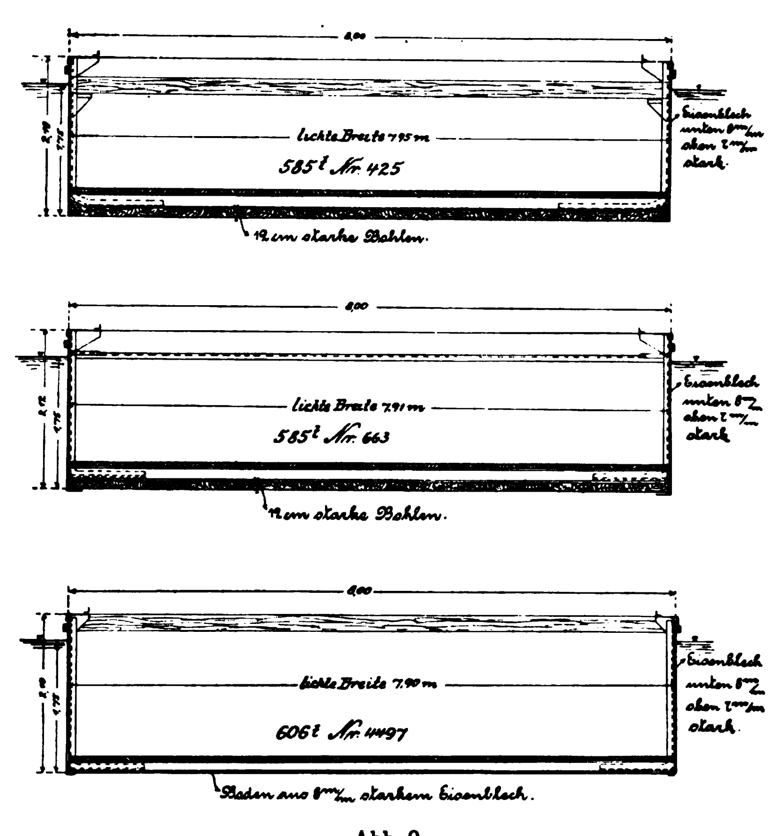


Abb. 9.
Querschnitt der Schleppkähne.
Versuche bei Wernsdorf. 1:100.

Tabelle 2. Kähne der Schleppversuche bei Wernsdorf und Saatwinkel.

Name des Schlepp-kahns	Bauart	Jahr der Erbauung	Gesamt-länge in m	Länge des Eich-raums in m	Breite in der oberen Eich-ebene in m	Quer-schnitt im Haupt-spt. in qm	Tief-gang des leeren Kahns in m	Tragfähig-keit bei einem Tiefgange von 1,75 m	Völlig-keits-grad
Nr. 663 .	Flacher Holzboden, eiserne Wandungen, keine Bedachung	1909	54,78	51,71	7,90	14	0,37	541 t	0,912%
Nr. 425 .	do.	1909	54,75	51,24	7,94	14	0,35	545 t	0,909%
Nr. 4497	Flacher Eisenboden, eiserne Wandungen, keine Bedachung	1909	55,00	51,75	7,92	14	0,34	547 t	0,915%
Agnes. .	Flacher Holzboden, eiserne Wandungen, lose Bedachung	1898	65,00	60,74	7,90	14	0,41	596 t	0,883%
V. E. G. .	do.	1898	65,00	60,62	7,75	14	0,41	584 t	0,883%
Emilie .	do.	1898	64,88	60,80	7,91	14	0,40	615 t	0,902%



Abb. 10. Schleppkahn Nr. 425 (beladen).



Abb. 11. Schleppkahn Nr. 663 (beladen).



Abb. 12. Schleppkahn Nr. 4497 (beladen).

d) Meßeinrichtungen für die Versuche.

Meßeinrichtungen am Kanal. Für die Messung der Fahrgeschwindigkeit war die Versuchsstrecke in die Stationen 0 bis 16 eingeteilt (Abb. 2 Taf. I). Jede Teilstrecke war 100 m lang. Die Stationierung begann am Ostende der Versuchsstrecke am Wernsdorfer See. Jede Station war durch eine Tafel bezeichnet, die das Ablesen der Entfernungen von den vorbeifahrenden Dampfern unmittelbar ermöglichte.

Die Beobachtung des Wellenschlages erfolgte an 6 Pegeln an der Kanalstrecke. Je 2 der Pegel standen sich an den Ufern gegenüber. Die Lage ist aus Abb. 2 (Taf. I) zu ersehen. Der Nullpunkt der Pegel war der des ruhenden Normalwasserstandes. Von hier aus waren die Pegel nach unten und oben gleichmäßig auf je 5 cm abgeteilt.

Meßeinrichtungen auf den Dampfern. Zur Messung der Zugkräfte während der Versuchsfahrten wurde zwischen Schlepptrosse und Schleppbügel bzw. Haken auf Deck ein von der Firma Schäffer & Budenberg gebautes selbstaufzeichnendes Feder-Dynamometer, mit einem Zeigerausschlag bis 2000 kg, eingeschaltet. Das Instrument war vor den Versuchen durch ein Kontrolldynamometer und nachher durch Einhängen von Gewichten genau geeicht worden. Die Abweichungen, die sich hierbei ergaben, betrugen im Höchstfall + — 2 v. H. und konnten daher, ohne die Ergebnisse praktisch zu beeinflussen, vernachlässigt werden.

Für die Aufnahme der Dampfdruck-Diagramme zur jeweiligen Leistungsbestimmung der Maschinen, standen 3 Indikatoren, unter diesen ein Instrument zur Aufzeichnung fortlaufender Diagramme, von der Firma Dreyer, Rosenkranz & Droop, zur Verfügung. Diese Indikatoren waren derart angebracht, daß bei jeder Indizierung kurz hintereinander Diagramme von beiden Kolbenseiten der einzelnen Zylinder entnommen werden konnten. Die Umdrehungszahlen der Maschinen wurden durch Hubzähler bestimmt.

2. Ausführung der Versuche.

Die Versuchsfahrten begannen mit einem Anhängeschiff und dem schwächsten Dampfer und wurden fortgesetzt durch Hinzunahme weiterer Kähne bis zu 3 Anhängern und Einschaltung der stärkeren Dampfer. Dabei wurde darauf geachtet, daß das Schleppseil zwischen dem Dampfer und dem ersten Anhängeschiff eine Länge von etwa 50 bis 70 m hatte und der Abstand zwischen je 2 Kähnen im Mittel 8—12 m betrug. Schlepper und Kahn waren durch eine einfache Verseilung untereinander gekuppelt. Nach Zusammenstellung des Schleppzuges wurde angefahren und die Maschinenleistung gesteigert bis die angestrebte Geschwindigkeit erreicht war. Von der Station 0 bzw. 16 an, wurden gleichzeitig von einem bestimmten Beobachtungspunkt des Dampfers aus die Zeiten notiert, zu welchen die Beobachtungsstelle die am Kanalufer aufgestellten Stationsschilder passierte. Wenn sich auch hierbei nach Durchfahren von je 100 m Teilstrecke nach der Beschleunigung ergab, daß die beabsichtigte Geschwindigkeit nicht ganz erreicht oder überschritten wurde, so wurde die bestehende Maschinenleistung nicht geändert. Es wurde dann vielmehr die einmal erreichte Geschwindigkeit beibehalten, um durch Nachregulierungen der Maschinen die Zeit des Beharrungszustandes des Schleppzuges und damit die eigentliche Versuchszeit nicht zu kürzen. In dem Zustande der Beharrung, für den jedesmal eine Strecke von etwa 500 bis 1000 m verblieb, wurden die Indizierungen an den Maschinen vorgenommen.

Die Aufnahme der Diagramme erfolgte je nach der vorhandenen Zeit 3 bis 6 mal möglichst gleichzeitig an den beiden Kolbenseiten jedes einzelnen Zylinders. Um nennenswerte Schwankungen in der Geschwindigkeit im Beharrungszustande zu vermeiden, wurde dafür gesorgt, daß die Steuerapparate der Maschinen nicht verstellt und Kesselspannung und Kondensatorvakuum möglichst gleichbleibend gehalten wurden. Die Umdrehungszahl der Maschinen wurde während jeder Indizierung besonders festgestellt. Bei Beginn einer Versuchsfahrt wurde das Laufwerk des Dynamometers ausgelöst und auf den erhaltenen Zugkurven bei den einzelnen Diagrammaufnahmen Zeitmarken aufgetragen.

Die Versuchsfahrten wurden auf Geschwindigkeiten zwischen rund 2,0 und 5,0 km in der Stunde ausgedehnt, entsprechend einer sekundlichen Geschwindigkeit von 0,556 bzw. 1,389 m.

Fahrt 14

PS_i km kg

120 6 1200

stre
Stat
eine
erm

Peg
pun
unt

fah
Sch
bis
und
hie
zu

ne
vo
bra
Zy
be

w
st
er
im
ge
ge
ze
B
n
G
le
u
d
ei

g
in
a
b
b
g
g

a

Gleichzeitig mit diesen Messungen auf den Dampfern wurden an den 6 Pegeln bei der Vorüberfahrt des Schleppzuges die Wellenbewegungen an den Böschungen der Ufer gemessen und der größte Ausschlag des Wellentales und Wellenberges aufgeschrieben.

Zur Beobachtung der Schraubenwirkung auf die Sohle des Kanals waren Peilprofile vor Beginn der Versuchsfahrten aufgenommen, die am Tage der Beendigung der Fahrten auf je 100 m Entfernung wiederholt wurden. Eine Längspeilung ergab, daß die Tiefe von 3,15—3,20 m vorhanden war.

Die Wasserstände während der Versuchszeit waren 3 bis 6 cm über dem normalen Wasserstande. (2,02 am Pegel im Unterwasser der Schleuse Wernsdorf.)

Die Fahrten begannen am Ostende der Strecke im Unterwasser der Wernsdorfer Schleuse. Man fuhr durch die Versuchsstrecke hindurch, passierte die Brücke bei Station 15, um dann im großen Bogen auf dem Seddinsee zu wenden und in den Kanal zurückzukehren. Jede Fahrt wurde in gleicher Ausrüstung doppelt gemacht. Am Ostende erfolgte dann die Wendung der Kähne und Dampfer einzeln und die neue Zusammenstellung. Es wurde angestrebt, bei jeder Hin- und Rückfahrt die gleiche Geschwindigkeit im Beharrungszustande zu erzielen. Durch diese Doppelfahrten sind die Einwirkung des Windes, Unregelmäßigkeiten in der Steuerung und Schiffslage bei der Fahrt, die ganz geringfügige Strömung und andere Einflüsse nach Möglichkeit ausgeglichen.

Es wurden im ganzen 18 Doppel- oder 36 Einzelfahrten ausgeführt, davon

6 Einzelfahrten mit 1 Anhängerschiff
14 » » 2 Anhängerschiffen
16 » » 3 »

Im übrigen sei hinsichtlich der Windrichtung und Windstärke bemerkt, daß am ersten Versuchstage (7. März) eine schwache Luftbewegung aus südöstlicher Richtung vorhanden war. Die nächsten Tage (8. bis 10. März) zeigten einen sehr schwachen Luftzug aus östlicher und südöstlicher Richtung, der praktisch als Windstille zu bezeichnen war (Windstärke etwa 1). Am letzten und vorletzten Versuchstage (11. und 12. März) war ein wenig stärkere Luftbewegung aus gleicher Himmelsrichtung.

3. Messungsergebnisse.

Maschinenleistung, Geschwindigkeit und Zugkraft.

Nach den Versuchsfahrten wurden aus den Diagrammaufnahmen der Indizierungen während jeder Fahrt die Maschinenleistungen in PSi und aus diesen die mittlere Maschinenleistung für die Zeit des Beharrungszustandes des Schleppzuges bestimmt. Die einzelnen so erhaltenen Werte für die mittlere indizierte Maschinenleistung der Versuchsfahrten sind auf Abb. 13 (S. 10) graphisch auf die Geschwindigkeit des Schleppzuges in km/Std. bezogen. Durch die Punkte sind dann die Leistungslinien für Schleppzüge mit 1, 2 und 3 Anhängern als Mittellinien verzeichnet.

Über die beiden Versuchsfahrten 19 und 20 siehe näheres S. 84.

Auf Abb. 14 (S. 11) ist für jede Versuchsfahrt die sich aus den Dynamometeraufzeichnungen ergebende Zugkraft für den Schleppzug im Beharrungszustand ebenfalls graphisch in Abhängigkeit von der zugehörigen Geschwindigkeit gebracht. Auch hier sind die Kurven für 1, 2 und 3 Anhänger verzeichnet. Die bei den einzelnen Punkten angeschriebenen Zahlen geben die Nummern der Versuchsfahrten, die Signaturen die bei denselben benutzten Schlepper an.

Zur Veranschaulichung, in welchen geringen Grenzen sich während des Beharrungszustandes einer Versuchsfahrt die Geschwindigkeit des Schleppzuges, die Maschinenleistung und die Zugkraft bewegt haben, und welchen Grad der Genauigkeit die zur Verzeichnung der Leistungs- und Zugkurven benutzten Mittelwerte besitzen, sind in Abb. 15 (Taf. II) für drei Fahrten diese Verhältnisse graphisch aufgetragen. Als Abcissen sind die 16 Stationen der Versuchsstrecke, als Ordinaten die Pferdestärken in PSi, die jeweiligen Geschwindigkeiten in km/Std. und die Zugkräfte in kg aufgetragen. Die PSi-Linie ist lediglich für die Zeit des Beharrungszustandes gezeichnet, da in der Beschleunigungsperiode keine Indizierungen vorgenommen wurden. Die Zeiten der Indizierungen sind durch Kreise gekennzeichnet.

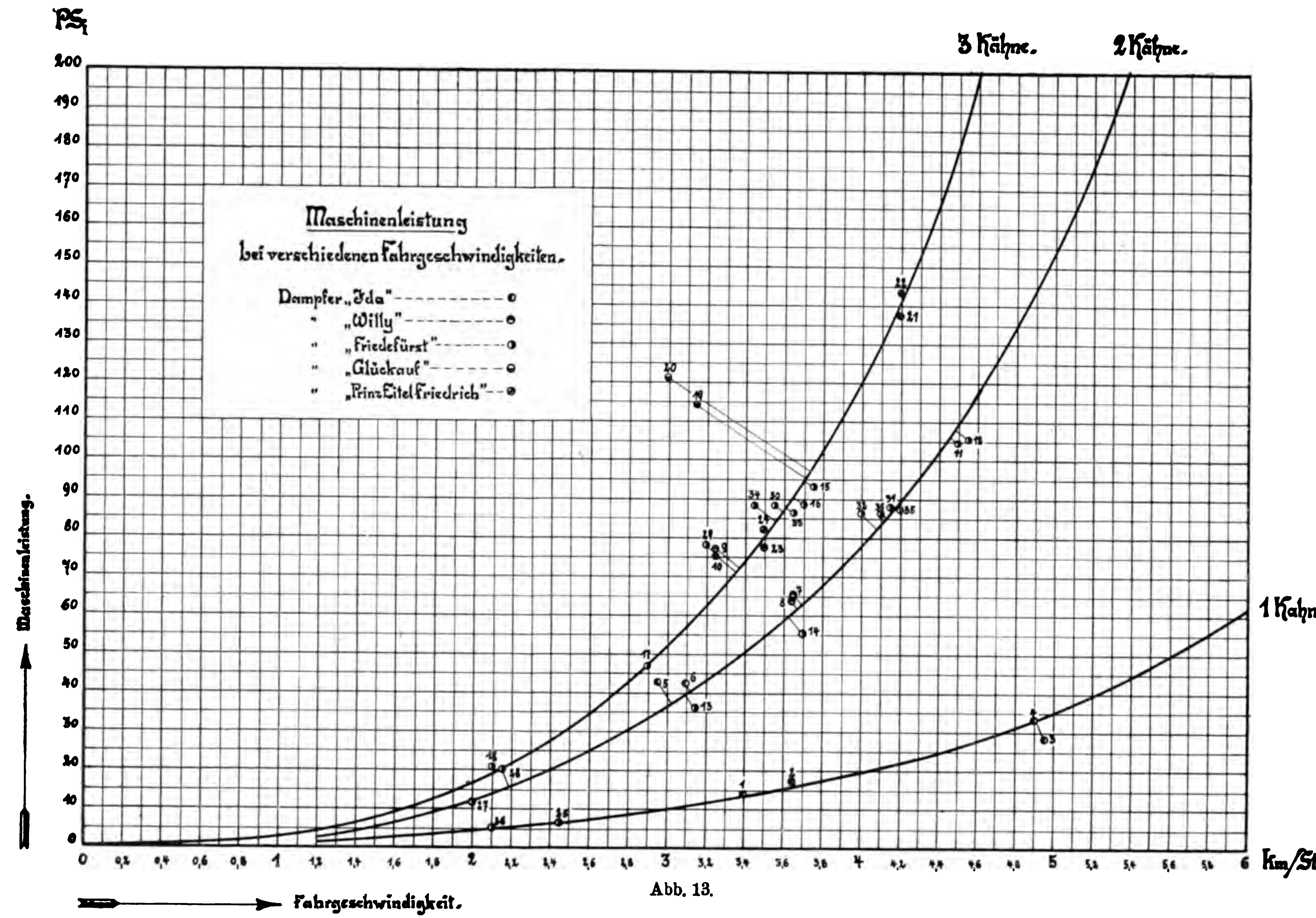


Abb. 13.

Abmessungen der Kähne: Länge 55 m, Breite 8 m, Tiefgang (beladen) 1,75 m.

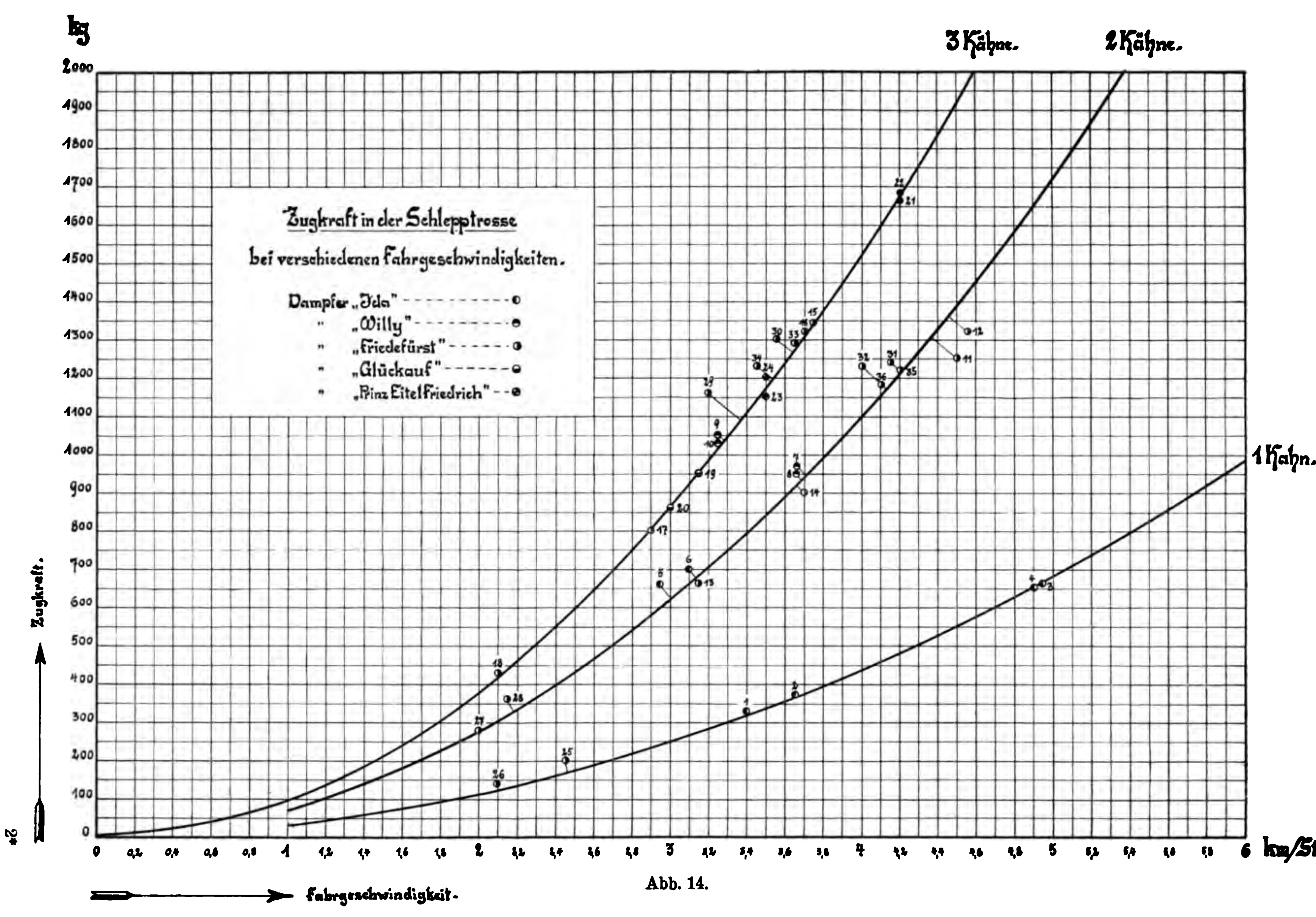


Abb. 14.

Abmessungen der Kähne: Länge 55 m, Breite 8,5 m, Tiefgang (beladen) 1,75 m.

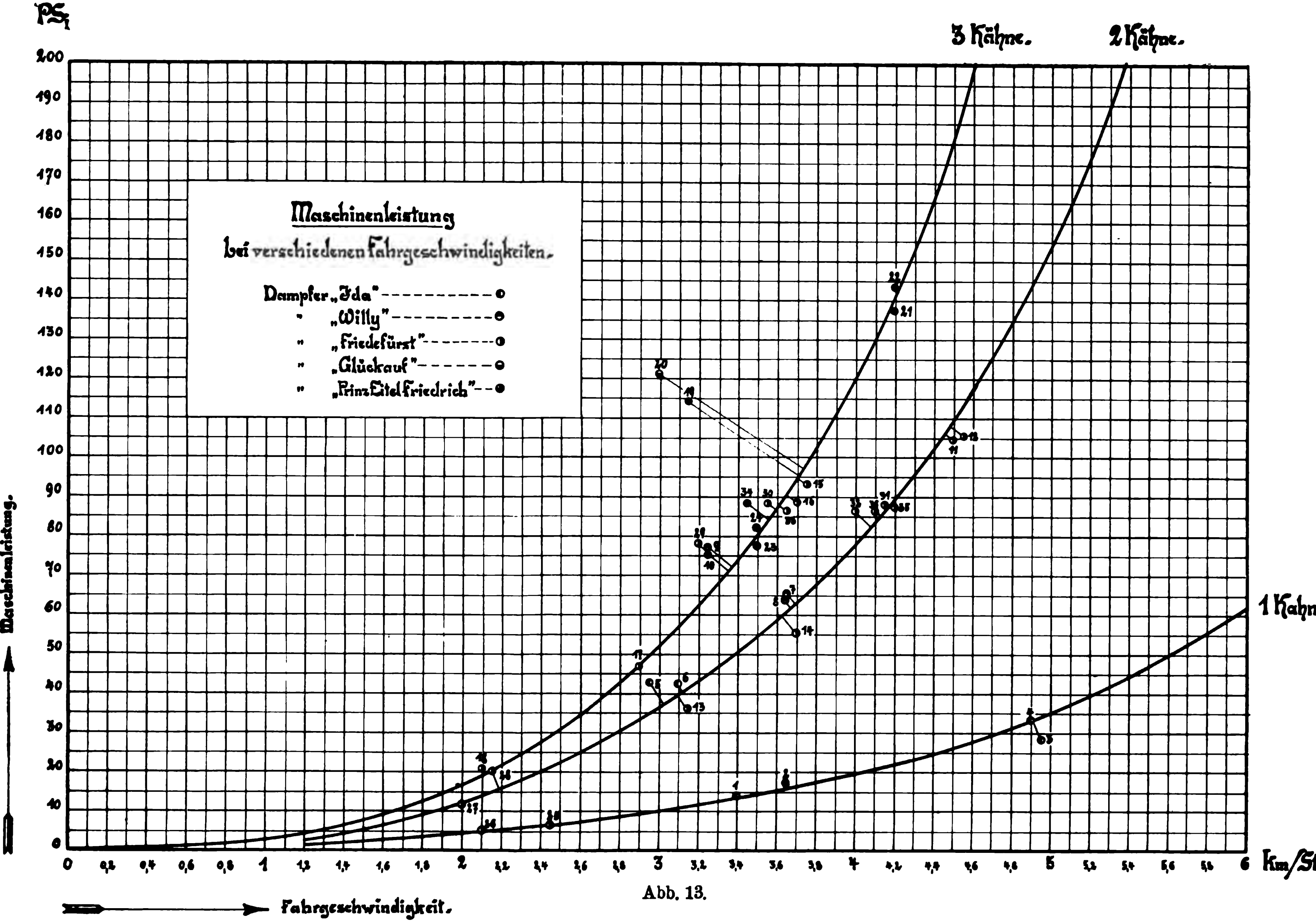


Abb. 13.

Abmessungen der Kähne: Länge 55 m, Breite 8 m, Tiefgang (beladen) 1,75 m.

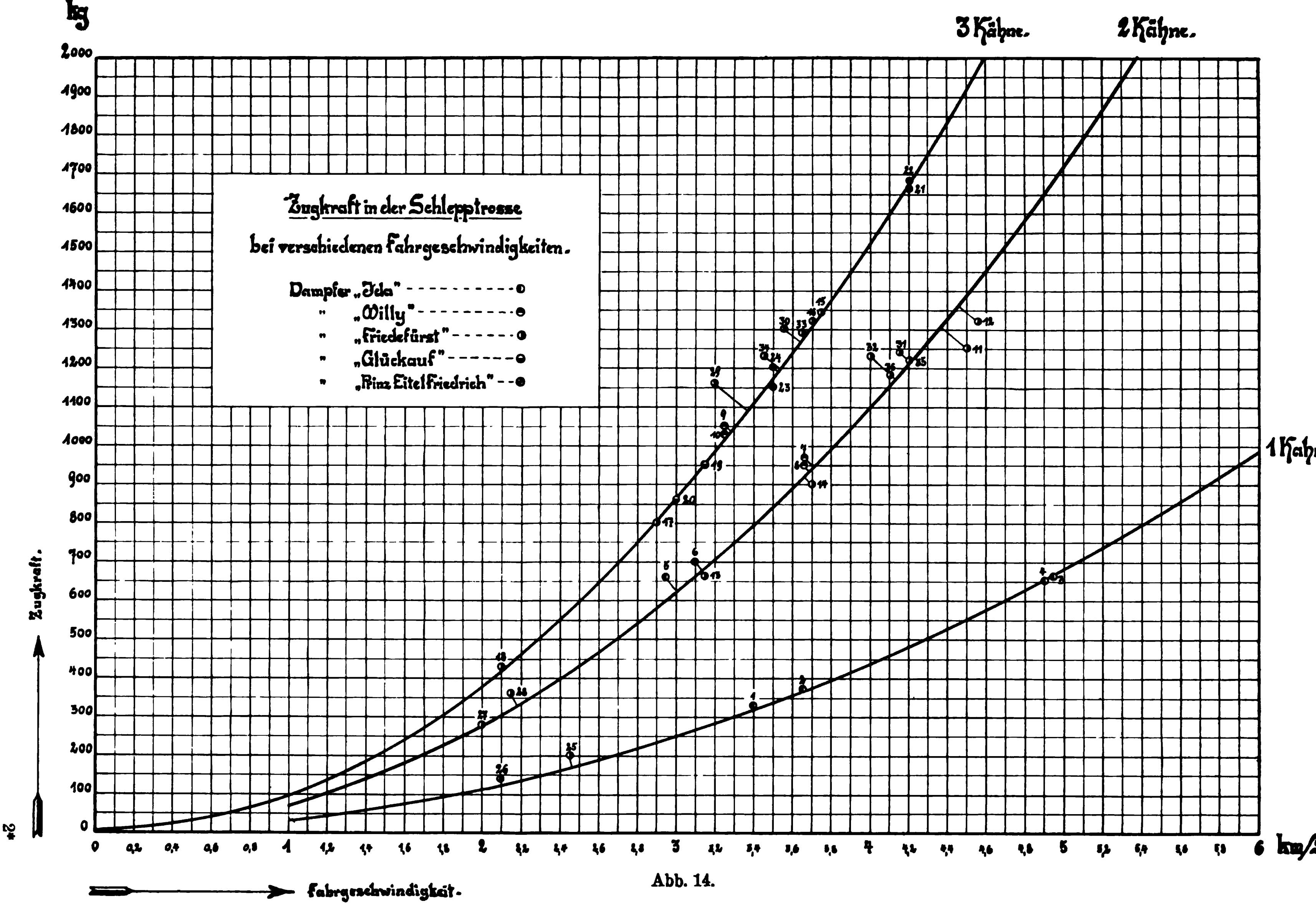


Abb. 14.

Abmessungen der Kähne: Länge 55 m, Breite 8,5 m, Tiefgang (beladen) 1,75 m.

Tabelle 3. Schleppzug mit einem Anhänger (beladen). Wernsdorf

1	2	3	4	5				6		7	8	9	10	11
Lfde. Nr.	Fahrt Nr.	Datum 1910 Tag Mon.	Schlepp-dampfer	Anhänger Nr.	Mittlerer Tiefgang in m	Nutzlast in t	Wasserverdrängung in cbm	Geschwindigkeit m/Sek.	km/Std.	Zugkraft in der Schlepptrosse kg	Mittlere Maschinenleistung in PSi	Zugleistung $\frac{Z \cdot v}{75}$	Zugkraft für 1 t Nutzlast in kg	Maschinenleistung für 1 t Nutzlast in PSi
1	26	11. III.	**Friedefürst**	4497	1,75	547	706	0,583	2,1	140	5,18	1,09	0,266	0,0095
2	25	11. III.	»	4497	1,75	547	706	0,681	2,45	200	6,44	1,82	0,366	0,0118
3	1	7. III.	**Ida**	4497	1,75	547	706	0,946	3,4	330	13,81	4,16	0,603	0,0253
4	2	7. III.	»	4497	1,75	547	706	1,012	3,65	370	17,15	5,00	0,678	0,0313
5	4	7. III.	»	4497	1,75	547	706	1,36	4,9	650	32,89	11,78	1,188	0,0602
6	3	7. III.	»	4497	1,75	547	706	1,373	4,95	660	28,00	12,08	1,205	0,0512

Tabelle 4. Schleppzug mit zwei Anhängern (beladen). Wernsdorf

1	2	3	4	5				6		7	8	9	10	11
1	27	11. III.	**Friedefürst**	663 425	1,75 1,75	541 545	714 708	0,557	2,0	280	11,49	2,08	0,257	0,0106
2	28	11. III.	»	663 425	1,75 1,75	541 545	714 708	0,597	2,15	360	19,86	2,86	0,332	0,0181
3	5	8. III.	**Ida**	663 425	1,75 1,75	541 545	714 708	0,820	2,95	660	42,30	7,32	0,607	0,0388
4	6	8. III.	»	663 425	1,75 1,75	541 545	714 708	0,863	3,1	700	42,60	8,07	0,644	0,0392
5	13	9. III.	**Friedefürst**	4497 425	1,75 1,75	547 545	706 708	0,875	3,15	660	35,97	7,70	0,603	0,0330
6	7	8. III.	**Willy**	663 425	1,75 1,75	541 545	714 708	1,012	3,65	970	65,05	13,10	0,892	0,0597
7	8	8. III.	»	663 425	1,75 1,75	541 545	714 708	1,012	3,65	950	63,70	13,82	0,875	0,0584
8	14	9. III.	**Friedefürst**	4497 425	1,75 1,75	547 545	706 708	1,028	3,7	900	55,10	12,33	0,823	0,0504
9	32	11. III.	»	663 425	1,75 1,75	541 545	714 708	1,110	4,0	1230	86,00	18,20	1,132	0,0792
10	36	12. III.	»	663 425	1,75 1,75	541 545	714 708	1,138	4,1	1180	85,97	17,90	1,085	0,0789
11	31	11. III.	»	663 425	1,75 1,75	541 545	714 708	1,150	4,15	1240	87,53	19,05	1,142	0,0808
12	35	12. III.	»	663 425	1,75 1,75	541 545	714 708	1,165	4,2	1220	86,90	19,0	1,122	0,0798
13	11	9. III.	»	425 4497	1,75 1,75	545 547	708 706	1,250	4,5	1250	104,60	20,82	1,142	0,0954
14	12	9. III.	»	425 4497	1,75 1,75	545 547	708 706	1,263	4,55	1320	104,70	20,23	1.208	0,0957

Tabelle 5. Schleppzug mit drei Anhängern (beladen). **Wernsdorf**

1	2	3	4	5				6		7	8	9	10	11
Lfde. Nr.	Fahrt Nr.	Datum 1910 Tag Mon.	Schleppdampfer	Anhänger Nr.	Mittlerer Tiefgang in m	Nutzlast in t	Wasserverdrängung in cbm	Geschwindigkeit m/Sek.	km/Std.	Zugkraft in der Schlepptrosse kg	Mittlere Maschinenleistung in PSi	Zugleistung in $\frac{Z \cdot v}{75}$	Zugkraft für 1 t Nutzlast in kg	Maschinenleistung für 1 t Nutzlast in PSi
1	18	9. III.	Friedefürst	663 4497 425	1,75 1,75 1,75	541 547 545	714 706 708	0,584	2,1	430	20,59	3,35	0,263	0,0126
2	17	9. III.	»	663 4497 425	1,75 1,75 1,75	541 547 545	714 706 708	0,807	2,9	800	46,87	8,61	0,489	0,0287
3	20	10. III.	Glückauf	425 4497 663	1,75 1,75 1,75	545 547 541	708 706 714	0,835	3,0	860	120,80	9,57	0,526	0,0738
4	19	10. III.	»	425 4497 663	1,75 1,75 1,75	545 547 541	708 706 714	0,875	3,15	950	113,27	11,1	0,582	0,0694
5	29	11. III.	Friedefürst	663 425 4497	1,75 1,75 1,75	541 545 547	714 708 706	0,889	3,2	1160	77,93	13,75	0,711	0,0476
6	9	8. III.	Willy	663 425 4497	1,75 1,75 1,75	541 545 547	714 708 706	0,903	3,25	1050	77,20	12,65	0,643	0,0472
7	10	8. III.	»	663 425 4497	1,75 1,75 1,75	541 545 547	714 708 706	0,903	3,25	1030	74,77	12,4	0,631	0,0457
8	34	12. III.	Friedefürst	425 663 4497	1,75 1,75 1,75	545 541 547	708 714 706	0,958	3,45	1230	88,33	15,7	0,752	0,0547
9	23	10. III.	Prinz Eitel Friedrich	425 4497 663	1,75 1,75 1,75	545 547 541	708 706 714	0,973	3,50	1150	77,30	14,9	0,705	0,0472
10	24	10. III.	»	425 4497 663	1,75 1,75 1,75	545 547 541	708 706 714	0,973	3,50	1200	81,86	15,6	0,735	0,0502
11	30	11. III.	Friedefürst	663 425 4497	1,75 1,75 1,75	541 545 547	714 708 706	0,987	3,55	1300	86,76	17,1	0,796	0,0531
12	33	12. III.	»	425 663 4497	1,75 1,75 1,75	545 541 547	708 714 706	1,012	3,65	1290	86,10	17,45	0,790	0,0526
13	16	9. III.	»	425 4497 663	1,75 1,75 1,75	545 547 541	708 706 714	1,028	3,70	1320	88,10	18,15	0,808	0,0538
14	15	9. III.	»	425 4497 663	1,75 1,75 1,75	545 547 541	708 706 714	1,041	3,75	1340	93,20	18,62	0,82	0,0570
15	21	10. III.	Prinz Eitel Friedrich	663 4497 425	1,75 1,75 1,75	541 547 545	714 706 708	1,165	4,2	1660	136,70	25,8	1,016	0,0837
16	22	10. III.	»	663 4497 425	1,75 1,75 1,75	541 547 545	714 706 708	1,165	4,2	1680	142,80	26,1	1,028	0,0875

Die Teile der Geschwindigkeitskurven, die in der Anfahrtszeit liegen, sind dünn ausgezogen. Die Versuchswerte, die Fahrtrichtung, die Zeiten für Beginn und Ende der Fahrt und die Fahrzeiten in Sekunden für je 100 m Kanalstrecke zwischen den einzelnen Stationen sind eingeschrieben.

In den vorstehenden Tabellen 3—5 sind für Schleppzüge mit 1, 2 und 3 Anhängern, den Fahrgeschwindigkeiten nach geordnet für die einzelnen Versuchsfahrten, die Ergebnisse zusammengestellt. Außerdem sind hinzugefügt die theoretische PS-Leistung $\frac{Z \cdot v}{75}$, die Zugkraft und die Maschinenleistung für 1 t Nutzlast.

4. Angriff der Wellen auf die Uferdeckung.

Die Messungen der Wellenbewegung an den beiden Ufern des Kanals während der Vorbeifahrt der Schleppzüge hatten den Zweck, wenn möglich, eine Unterlage für die Beurteilung der Frage zu gewinnen, ob bei Verwendung von Dampfern in einer solchen Stärke, daß sie drei 600 t-Schiffe mit 3,5 km Stundengeschwindigkeit fortbewegen können, ein Angriff auf die Uferbefestigung zu befürchten ist. Es ist naturgemäß, daß aus einer so kurzen Versuchsdauer von 6 Tagen äußerlich erkennbare Einwirkungen



Abb. 16. Schleppzug mit 3 beladenen Kähnen.

auf die Uferbefestigung nicht erwartet werden konnten. Derartige Einflüsse werden nur in langdauerndem Betriebe hervortreten. Das Augenmerk wurde darum auch nur auf die Größe der Wellenbildung am Ufer gewendet. Aus den Beobachtungen ging hervor, daß diese Wasserbewegung bei der Geschwindigkeit von 3,5 km selbst beim Arbeiten der stärksten Dampfer mit 3 Anhängern nur klein ist (Abb. 16). Der höchste Wellenberg über dem Wasserspiegel des Ruhezustandes wurde zu etwa 10 bis 11 cm gemessen. In gleichen Grenzen hielt sich die Tiefe des Wellentales. Die Gesamtwellenhöhe war vereinzelt bis 20 cm, hielt sich aber im allgemeinen auf etwa 15 cm.

Ferner wurde die Wellenhöhe bei schneller Leerfahrt des fiskalischen Dampfers »Glückauf« (Maschinenstärke bei voller Leistung rund 126 PS) gemessen. Bei einer Fahrtgeschwindigkeit von rund 14 bis 15 km in der Stunde entwickelte dieser Dampfer einen Wellenschlag bis zu 1,05 m (Abb. 17). Bei einer Fahrtgeschwindigkeit von 12,4 km/Std. entstanden immerhin noch Wellen von 45 bis 55 cm Gesamthöhe, und erst bei 8,5 km Geschwindigkeit der Leerfahrt ermäßigte sich die Wellenhöhe auf 10 bis 15 cm.



Abb. 17. Dampfer »Glückauf« in voller Fahrt (15 km/stdl.)

5. Angriff der Schraube auf die Kanalsohle.

Vor Beginn der Versuchsfahrten und nach ihrer Beendigung sind Querpeilungen im Kanal gemacht worden. Ebensowenig wie auf die Uferdeckung, konnte bei der kurzen Dauer der Versuche eine wesentliche Einwirkung auf die Kanalsohle erwartet werden, zumal diese, wie schon oben dargelegt wurde, ziemlich fest gelagert ist. Es konnten darum aus den Aufnahmen keine unmittelbaren Schlüsse gezogen werden, da auch geringe Verschiedenheiten der gemessenen Wassertiefen auf Zufälligkeit zurückgeführt werden könnten. Die Frage der Einwirkung der Schraube auf die Kanalsohle ist durch weitere Versuche im neuen Durchstich des Großschiffahrtweges bei Saatwinkel bzw. bei Zerpenschleuse in der Zeit vom April 1910 bis Frühjahr 1912 geprüft worden. Die Beschreibung dieser Versuche und die Ergebnisse sind nachfolgend in Abschnitt IV niedergelegt.

II. Schleppversuche im neuen Durchstich des Großschiffahrtweges Berlin—Stettin bei Saatwinkel im Jahre 1910 und 1911.

1. Zweck und Aufgabe der Versuche.

Diese Versuche hatten den Zweck, zur Ergänzung und Vervollständigung jener Schleppfahrten zu dienen, die im März 1910 bei Wernsdorf im Oder-Spreekanal vorgenommen waren. Nachdem der Durchstich bei Saatwinkel mit dem Querschnitt des neuen Kanals nach Fertigstellung der Schleuse in Spandau zugänglich war, sollten hier unter den wirklichen Fahrwasserverhältnissen und mit normalen 600 t-Schiffsgefäßen endgültige Ergebnisse zur Beantwortung der am Eingange dieser Druckschrift erwähnten Fragen gewonnen werden.

2. Beschreibung der Versuchseinrichtungen.

a) Versuchsstrecke.

Die Lage und allgemeine Gestaltung der Versuchsstrecke ist aus den Abb. 18 bis 20 ersichtlich. Das östliche Ende des Durchstichs an der Abzweigung vom alten Kanal liegt in einem Bogen von 1000 m Halbmesser. Daran schließt sich eine gerade Strecke von rund 1000 m Länge bis zur Kreuzung mit dem alten Spandauer Schiffahrtskanal. Am Beginn und Ende dieser Graden wird der Kanal von je einer Straßenbrücke gequert, doch ist hier der Kanalquerschnitt in voller Breite unter den Brücken durchgeführt. Hinsichtlich der Querschnittsabmessungen sei auf die Angaben Seite 2 und auf die Abb. 3 u. 21 verwiesen. Der Untergrund des Kanalbettes besteht aus feinem Sande, die Böschungen sind in Höhe des Wasserspiegels mit Steinen abgedeckt.

Über die Korngröße des aus der Kanalsohle im Durchstich bei Saatwinkel entnommenen Sandes siehe nachstehende Tabelle. Die Korngröße wurde durch folgende Versuche ermittelt:

Der Sand wurde auf einer eisernen Herdplatte vollkommen getrocknet. Seine Siebung und Wägung ergab folgende Werte:

Versuch Nr.	Gewicht der Probe	Im Sieb mit 60 Masch./cm² verblieben		Im Sieb mit 120 Masch./cm² verblieben		Durch das Sieb mit 120 Masch./cm² gingen	
		g	v. H.	g	v. H.	g	v. H.
1	200 g	14	7	26	13	160	80
2	200 »	14	7	28	14	158	79
3	200 »	12	6	28	14	160	80
4	200 »	17,5	8,75	27,5	13,75	155	77,5
5	200 »	12	6	28	14	160	80

Als Durchschnittswerte ergeben sich für Sand mit einer Korngröße

$$
\begin{aligned}
> 60 \text{ Masch./cm}^2 &= 6{,}95\,\% \\
> 60 < 120 \text{ Masch./cm}^2 &= 13{,}75\,\% \\
< 120 \text{ Masch./cm}^2 &= 79{,}30\,\% \\
&= 100{,}00\,\%
\end{aligned}
$$

Der Sand muß somit als fein bezeichnet werden, da er nur 13,75 v. H. Normalkorngröße und 79,3 v. H. feinere Teile enthält.

Das Verhältnis des eingetauchten Schiffsquerschnittes zum Kanalquerschnitt beträgt bei normalem Wasserstande $+ 31{,}30$ N.N. $14 : 68 = 1 : 4{,}86$. Der Wasserstand lag bei den Versuchen um etwa 10 bis 15 cm darüber, so daß der Wasserquerschnitt etwa 3,0 bis 5 qm größer als bei normalem Wasser war.

b) Schleppdampfer.

Für die Versuche bei Saatwinkel waren 5 Dampfer von rund 90 bis 280 PSi Dauerleistung angemietet worden. Die Dampfer »Friedefürst«, »Friedrich Wilhelm« und »Siegesfürst« sind gewöhnliche Einschrauben-Schleppdampfer, während der Schleppdampfer »Klara« ein Thornycroftheck (Tunnelheck) und der Dampfer »Rhein« zwei Schrauben bezitzt. Der Friedefürst hatte bereits bei den Wernsdorfer Versuchen Verwendung gefunden.

Die Hauptdaten über Abmessungen, Bauart und Maschinenausrüstung ergeben sich aus der Tabelle 1 (S. 5), den Abb. 6 (S. 4) und 22 bis 24 (S. 17).



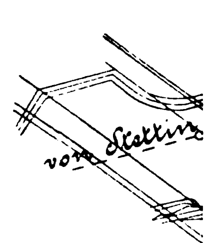




Abb. 22. Dampfer »Friedrich Wilhelm«.



Abb. 23. Tunnelheck-Dampfer »Klara«, verankert.



Abb. 24. Doppelschraubendampfer »Rhein«, verankert.

c) Schleppkähne.

Die von der Elbschiffahrtsgesellschaft A.-G. in Dresden angemieteten Kähne haben die Abmessungen der 600 t Schiffsgefäße: 65 m Länge, 8,0 m Breite und 1,75 Tauchtiefe. Die Wandungen der Kähne sind aus Eisen, der Boden aus Holz hergestellt. Für die Beurteilung der Bauart und Form der Kähne im einzelnen sei auf die Tabelle 2 (Auszug aus den Eichscheinen S. 6) und auf die Abb. 25 bis 31 verwiesen.

Die Kähne wurden für die Versuche seitens der Bauverwaltung auf die gewünschte Tauchtiefe mit dem bei Baggerungen gewonnenen Sand beladen. Ihr Tiefgang leer ist rund 0,40 m.

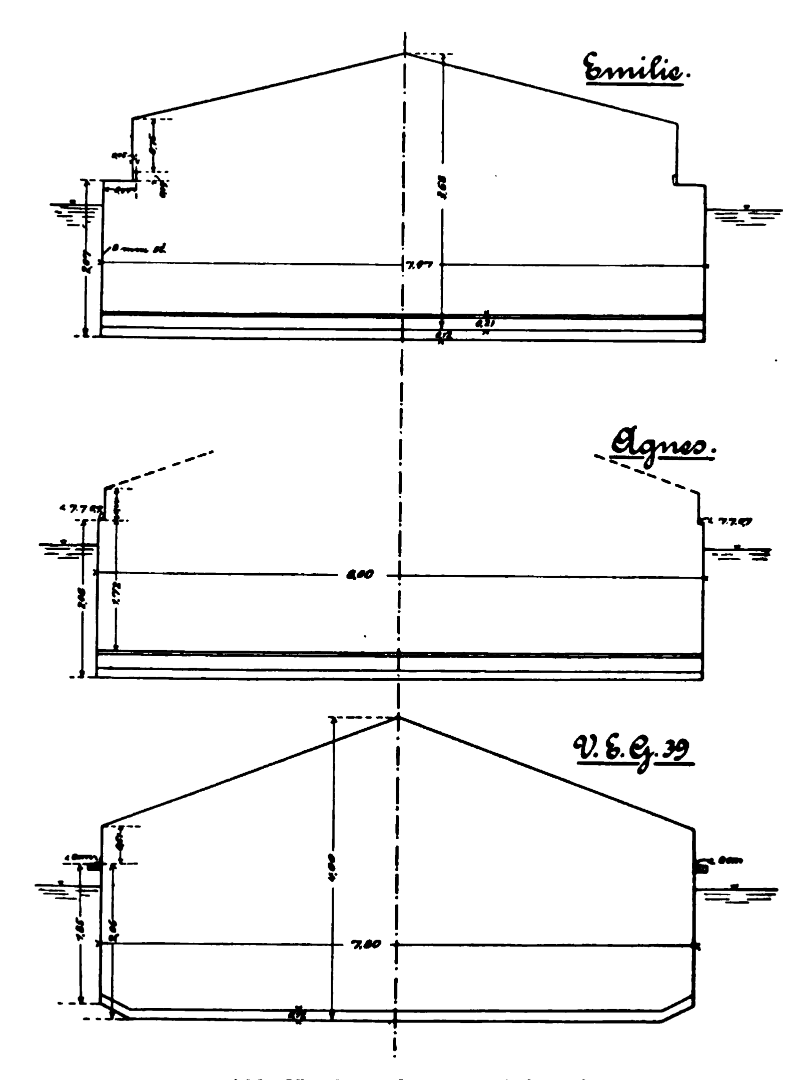


Abb. 25. Querschnitt der Schleppkähne.
Versuche bei Saatwinkel. 1:100.

d) Selbstfahrer.

Im Februar 1911 wurden mit dem Frachtdampfer »Goeben« der »Berliner Lloyd A.-G.« und im Juli und Oktober 1911 mit dem Frachtdampfer »Falk« (Abb. 33, S. 21) der »Berlin—Stettiner-Eildampfer-Gesellschaft C. Rothenbücher« Versuchsfahrten ausgeführt, um auch für diesen Schiffstyp die Abhängigkeit zwischen indizierter Maschinenleistung und Fahrgeschwindigkeit festzustellen. Nähere Angaben über Abmessungen, Bauart und Maschinenausrüstung befinden sich in Tabelle 1 (S. 5).



Abb. 26. Schleppkahn »Agnes« (leer).



Abb. 27. Schleppkahn »V. E. G.« (leer).



Abb. 28. Schleppkahn »Emilie« (leer).



Abb. 29. Schleppkahn »Agnes« (beladen).



Abb. 30. Schleppkahn »V. E. G.« (beladen).



Abb. 31. Schleppkahn »Emilie« (beladen).



Abb. 32. Schleppzug mit 3 beladenen Kähnen.



Abb. 33. Frachtdampfer »Falk« (Versuch mit Platte unter der Schraube).

e) Meßeinrichtungen für die Versuche.

Meßeinrichtungen am Kanal. Die Meßeinrichtungen am Kanal waren von der gleichen Art wie bei den Versuchen im Oder-Spreekanal (siehe Seite 8). Die Versuchsstrecke war auch hier durch Tafeln in Stationen von je 100 m eingeteilt. Senkrecht zur Kanalachse waren hinter jeder Stationstafel hier jedoch zwei Fluchtstäbe aufgestellt, um den Augenblick des Vorbeifahrens des Beobachters und damit die Fahrzeit für je 100 m noch genauer feststellen zu können.

Meßeinrichtungen auf den Dampfern. Zur Bestimmung der Zugkräfte wurde das Feder-Dynamometer mit einem größten Ausschlag von 2000 kg von den Wernsdorfer Versuchen benutzt. Da jedoch bei den Saatwinkeler Versuchen auch Fahrten mit größeren Geschwindigkeiten und dementsprechend größeren Zugkräften als bei denen bei Wernsdorf ausgeführt werden sollten, wurde ein zweites Dynamometer beschafft. Dieses war ein Instrument gleicher Konstruktion, ebenfalls von der Firma Schäffer & Budenberg, mit einem größten Ausschlag von 10000 kg. Beide Apparate wurden vor den Versuchen, nachher, und einmal in der Zwischenzeit durch Einhängen von Gewichten geeicht. Trotzdem die Eichungen ergaben, daß nur ganz geringe Unstimmigkeiten (rund 1 bis 2 v. H.) zwischen den gemessenen und eingehängten Gewichten vorhanden waren, wurden die Ergebnisse nach den aufgestellten Eichkurven berichtigt.

Für die Indizierungen wurden zwei einfache und vier Indikatoren für fortlaufende Diagramme verwandt. Die letzteren Apparate haben sich bei den Versuchen als sehr zweckmäßig erwiesen, da sich bei ihnen während längerer Zeit, die sich mindestens auf eine Fahrt erstreckte, das Einsetzen der Papierstreifen erübrigte und sie dadurch mehr Messungen gestatteten als die gewöhnlichen Indikatoren.

Auch hier war die Einrichtung so getroffen, daß bei jeder Indizierung die Diagramme von beiden Zylinderseiten genommen werden konnten.

Die Feststellung der Umdrehungszahlen der Maschine geschah durch zwangläufig mit dem Maschinengestänge gekuppelte Hubzähler.

3. Ausführung der Versuche.

Die Schleppversuche, im besonderen die Feststellung der Fahrgeschwindigkeiten, der Zugkräfte und Leistungen fanden in der entsprechenden Art statt, wie Seite 12 beschrieben. Neben den Versuchen mit vollbeladenen Kähnen (Abb. 32, S. 21) wurden bei Saatwinkel weiterhin solche an Schleppzügen mit 1 bzw. 2 und 3 leeren Kähnen und an einem Schleppzug mit einem teilweise beladenen Kahn vorgenommen. Die Ladung betrug im letzteren Falle rund 206 t bei 0,9 m Tiefgang. Die Indizierungen wurden wie bei Wernsdorf, bei jeder Fahrt 3 bis 6 mal durchgeführt. Das Schleppseil zwischen Schleppdampfer und dem ersten Anhängeschiff hatte eine Länge von 50 m, der Abstand zwischen je zwei Schiffen zwischen Bug und Heck betrug bei den Fahrten mit beladenen Schiffen 10 m, bei den Leerfahrten 5 m. Während bei den beladenen Schleppzügen Dampfer und erster Kahn, sowie die Kähne unter sich durch einfache Verseilung miteinander gekuppelt waren, waren die Leerkähne kreuzweise mit einander verseilt.

Die Fahrgeschwindigkeiten wechselten bei den Schleppzugfahrten zwischen 2 bis 7,5 km stündlich und erreichten bei den Selbstfahrern »Göben« und »Falk« rund 10 km/Std. Da ein Wenden der Kähne innerhalb der Kanalstrecke nicht möglich war, konnten Messungen nur bei der Fahrt in je einer Richtung stattfinden. Die Kurve am östlichen Ende der Versuchsstrecke wurde als Anfahrtstrecke benutzt, um den Schleppzug in die jeweilig beabsichtigte Fahrgeschwindigkeit zu bringen. In der dann folgenden Graden wurden die eigentlichen Messungen gemacht. Am westlichen Ende wurde der Schleppdampfer umgesetzt und die Versuchskähne verkehrt, d. h. mit dem Steuer in der Fahrtrichtung wieder zurück nach der Kurvenstrecke mit rund 3 km/Std. Geschwindigkeit gezogen und die Versuche begannen von neuem. Abzüglich der Anfahrt- und Bremslänge am Schluß der Fahrten, stand für die eigentlichen Messungen im Beharrungszustande noch eine Strecke von 600 bis 900 m zur Verfügung. Vor und nach den Versuchen wurden Querpeilungen im Kanal gemacht, doch konnten hieraus keinerlei Schlüsse auf die Veränderung des Kanalbettes gefolgert werden.

Die Windstärke während der Schleppversuche hielt sich in den Grenzen 1 bis 4 der zwölfteiligen Skala. Der Wind wehte aus den verschiedensten Richtungen. Eine Wasserströmung ist am Kanal in nennenswertem Maße nicht vorhanden, und nur etwa insoweit, als sie durch Windstau oder durch die Schleusungen in Plötzensee veranlaßt wird.

Es wurden im ganzen 140 Fahrten ausgeführt und zwar:

a) mit vollen Schleppkähnen
15 Fahrten mit 1 Anhängeschiff,
24 » » 2 Anhängeschiffen,
36 » » 3 » und

b) 8 » » 1 teilweise beladenen Anhängeschiff (Ladung rund 206 t),

c) mit leeren Schleppkähnen
6 Fahrten mit 1 Anhängeschiff,
9 » » 2 Anhängeschiffen,
11 » » 3 »

d) 15 Fahrten mit dem Selbstfahrer »Göben«,
9 » » » » »Falk« mit Platte unter der Schraube,
7 » » » » » ohne » » » »

Die Beobachtung der Wellenbewegungen an den Böschungen geschah nicht fortlaufend, da nach dieser Richtung hin die Messungen bei den Versuchsfahrten im Oder-Spreekanal hinreichende Aufklärung gebracht hatten. Es fand jedoch an einem Tage eine Reihe Fahrten mit dem Frachtdampfer »Göben« (Ladung 250 t bei Tauchtiefe 1,55 m) bei verschiedenen Geschwindigkeiten statt, um, wenn möglich, eine Beziehung zwischen Fahrtgeschwindigkeit und Wellenhöhe abzuleiten. Näheres hierüber später.

4. Messungsergebnisse.

Aus den Aufzeichnungen der Fahrzeiten für je 100 m Teilstrecke, aus den verzeichneten Zugkräften und den Diagrammaufnahmen während des Beharrungszustandes der Schleppzüge sind die erreichten Geschwindigkeiten, die zugehörigen Zugkräfte und die indizierten Maschinenleistungen für jede Fahrt wie bei der Verarbeitung der Wernsdorfer Ergebnisse bestimmt. Die so erhaltenen Werte sind auf den Abb. 34 (Taf. IV) und 35 (Taf. V) als Leistungs- und Zugkraftkurven graphisch aufgetragen, und zwar für Schleppzüge mit 1 bis 3 vollen, 1 bis 3 leeren und für einen Schleppzug mit einem teilweise beladenen Kahn (206 t). Für die Frachtdampfer »Göben« und »Falk« sind auf den Abb. 36 und 37 (Taf. VI) die indizierten Maschinenleistungen in Abhängigkeit von den Fahrgeschwindigkeiten gebracht.

Wie bei den Wernsdorfer Versuchen (Abb. 15, Taf. II) hat sich auch bei den Saatwinkler Versuchen gezeigt, daß die Werte für Geschwindigkeit, Zugkraft und Maschinenleistung im Beharrungszustande des Schleppzuges sich nur in sehr geringen Grenzen bewegten.

So weisen z. B. bei Fahrt 22 (»Friedefürst« mit 3 voll beladenen Anhängern) die beobachteten Fahrzeiten für je 100 m Kanalstrecke von Station 4 bis Station 13 folgende Werte in Sekunden auf:

Station 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
Sekunden 99 96 98 97 96 96 95 97 97

Danach hat auf einer Strecke von 900 m ohne Rücksicht auf kleine Ablesungsfehler die Geschwindigkeit zwischen 3,63 und 3,79 km/Std. geschwankt. Der Mittelwert aus den 9 Ablesungen ergibt eine Geschwindigkeit von rund 3,7 km/Std. Dieser Wert für die Schleppzugsgeschwindigkeit entfernt sich demnach nur um 1,89 bzw. 2,43 v. H. von dem unteren bzw. oberen Grenzwert. Die mittlere durch Dynamometer verzeichnete Zugkraft zwischen Station 4 bis 13 ist hierbei rund 1280 kg geblieben.

Bei den Stationen 4, 5, 7, 9, 11 und 13 wurden Indizierungen (24 Diagramme) vorgenommen. Die daraus bestimmten Werte betrugen 89,89, 94,24, 91,78, 94,80, 93,18 und 93,26 PSi. Der für die Leistungskurve benutzte Mittelwert beträgt hieraus 92,87 PSi. Aus diesen geringen Schwankungen ergibt sich, daß auch die hier gewonnenen Leistungswerte als sehr genau aufgefaßt werden müssen.

In den Tabellen 6 bis 14 (S. 24 bis 30) sind noch für Schleppzüge mit 1 bis 3 vollen, 1 bis 3 leeren und für den Schleppzug mit einem teilweise beladenen Kahn sowie für die Selbstfahrer »Göben« und »Falk« nach zunehmenden Fahrgeschwindigkeiten geordnet, für die einzelnen Versuchsfahrten die Ergebnisse zusammengestellt. Hinzugefügt sind noch die Werte für die theoretische Zugleistung $\frac{Z \cdot v}{75}$ und die Zugkraft und Maschinenleistung für 1 t Nutzlast.

Tabelle 6. Schleppzug mit einem Anhänger (beladen). **Saatwinkel**

1	2	3	4	5				6		7	8	9	10	11
				Anhänger										
Lfde. Nr.	Fahrt Nr.	Datum 1910 Tag Mon.	Schleppdampfer	Name	Mittlerer Tiefgang in m	Nutzlast in t	Wasserverdrängung in cbm	Geschwindigkeit m/Sek.	km/Std.	Zugkraft in der Schlepptrosse kg	Mittlere Maschinenleistung in PSi	Zugleistung in $\frac{Z \cdot v}{75}$	Zugkraft für 1 t Nutzlast in kg	Maschinenleistung für 1 t Nutzlast in PSi
1	2	14. XI.	**Friedefürst**	Agnes	1,75	596	782	0,638	2,30	170	6,90	1,446	0,285	0,01155
2	1	14. XI.	»	»	1,75	596	782	0,958	3,45	425	15,46	5,423	0,713	0,02600
3	9	15. XI.	»	Emilie	1,75	615	804	1,165	4,20	630	37,44	9,786	1,025	0,06100
4	14	17. XI.	»	»	1,75	615	804	1,165	4,20	600	37,11	9,320	0,977	0,06050
5	3	14. XI.	»	Agnes	1,75	596	782	1,180	4,25	630	33,41	9,912	1,055	0,05180
6	17	18. XI.	»	Emilie	1,75	615	804	1,250	4,50	670	43,01	11,166	1,09	0,07000
7	33	22. XI.	»	»	1,75	615	804	1,305	4,70	760	50,10	13,224	1,235	0,08150
8	77	2. XII.	**Rhein**	Agnes	1,75	596	782	1,305	4,70	720	55,00	12,528	1,205	0,09240
9	65	29. XI.	**Friedefürst**	Emilie	1,75	615	804	1,390	5,00	880	55,85	16,309	1,43	0,09080
10	15	18. XI.	»	»	1,75	615	804	1,442	5,20	1140	84,67	23,324	1,855	0,1375
11	67	30. XI.	»	V. E. G.	1,75	584	765	1,470	5,30	980	63,95	19,208	1,675	0,1093
12	16	18. XI.	»	Emilie	1,75	615	804	1,470	5,30	1190	84,56	23,324	1,935	0,1372
13	32	22. XI.	»	»	1,75	615	804	1,525	5,50	1060	83,36	21,553	1,725	0,1352
14	74	1. XII.	**Rhein**	V. E. G.	1,75	584	765	1,555	5,60	960	88,37	19,904	1,64	0,1510
15	82	3. XII.	**Klara**	Agnes	1,75	596	782	2,080	7,50	2090	244,40	57,685	3,51	0,4102

Tabelle 7. Schleppzug mit zwei Anhängern (beladen). **Saatwinkel**

1	2	3	4	5				6		7	8	9	10	11
Lfde. Nr.	Fahrt Nr.	Datum 1910 Tag Mon.	Schleppdampfer	Anhänger Name	Mittlerer Tiefgang in m	Nutzlast in t	Wasserverdrängung in cbm	Geschwindigkeit m/Sek.	km/Std.	Zugkraft in der Schlepptrosse kg	Mittlere Maschinenleistung in PSi	Zugleistung in $\frac{Z \cdot v}{75}$	Zugkraft für 1 t Nutzlast in kg	Maschinenleistung für 1 t Nutzlast in PSi
1	12	17. XI.	**Friedefürst**	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	0,554	2,00	240	11,45	1,772	0,198	0.00945
2	13	17. XI.	»	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	0,597	2,15	300	11,63	2,388	0.247	0.00962
3	35	23. XI.	»	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	0,610	2,20	310	14,88	2,521	0,256	0,01228
4	49	25. XI.	»	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	0,695	2,50	420	19,71	3.892	0,347	0,01625
5	48	24. XI.	»	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	0,750	2,70	450	24,49	4,500	0,371	0,02013
6	71	30. XI.	»	Agnes V. E. G.	1,75 1,75	596 584	782 765	0,832	3,00	620	27,56	6,877	0,525	0,0233
7	29	22. XI.	»	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	0 860	3,10	700	37,58	8,026	0,577	0,0286
8	10	17. XI.	»	Emilie Agnes	1,75 1.75	615 596	804 782	0,888	3.20	730	38,94	8,643	0,603	0,0321
9	75	1. XII.	**Rhein**	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	0,943	3,40	670	42,06	8,424	0,553	0,0347
10	11	17. XI.	**Friedefürst**	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	0,943	3,40	890	55,49	11.190	0,733	0,0457
11	70	30. XI.	»	Emilie Agnes	1.75 1,75	615 596	804 782	0,970	3,50	830	43,07	10,743	0,684	0,0356
12	76	2. XI.	**Rhein**	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	0.970	3,50	760	52,00	9,856	0,627	0,0428
13	69	30. XI.	**Friedefürst**	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	1,025	3,70	900	55,35	12,300	0,742	0,0457
14	4	14. XI.	»	Agnes V. E. G.	1,75 1,75	596 584	782 765	1,040	3,75	880	45,32	12,202	0,746	0,0384
15	64	29. XI.	»	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	1,055	3,80	890	54,63	12,519	0,733	0,0451
16	66	29. XI.	»	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	1,110	4,00	950	59,56	14,060	0,783	0,0492
17	80	3. XII.	**Klara**	V. E. G. Emilie	1,75 1,75	584 615	765 804	1,110	4,00	1000	65,07	14,800	0,834	0.0534
18	28	21. XI.	**Friedefürst**	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	1,138	4,10	1200	86,59	18,208	0,991	0,0713
19	5	15. XI.	»	Agnes V. E. G.	1,75 1,75	596 584	782 765	1,150	4,15	1150	77,65	17,63	0,976	0,0657
20	53	26. XI.	»	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	1,195	4,30	1200	80,01	19,120	0,991	0.0661
21	68	30. XI.	»	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	1,220	4,40	1230	82,97	20,008	1.013	0,0684
22	27	21. XI.	»	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	1,250	4,50	1290	93,77	21,500	1,065	0,0772
23	58	28. XI.	**Siegesfürst**	Emilie Agnes	1,75 1,75	615 596	804 782	1,442	5,20	1770	192,90	32,697	1,462	0,1590
24	61	28. XI.	»	Agnes V. E. G.	1,75 1,75	596 584	782 765	1,666	6,00	2160	268,57	47,980	1,830	0,2270

Tabelle 8. Schleppzug mit drei Anhängern (beladen). **Saatwinkel**

1	2	3	4	5				6		7	8	9	10	11
Lfde. Nr.	Fahrt Nr.	Datum 1910 Tag Mon.	Schlepp-dampfer	Anhänger Name	Mittlerer Tiefgang in m	Nutzlast in t	Wasserverdrängung in cbm	Geschwindigkeit m/Sek.	km/Std.	Zugkraft in der Schlepptrosse kg	Mittlere Maschinenleistung in PSi	Zugleistung in $\frac{Z \cdot v}{75}$	Zugkraft für 1 t Nutzlast in kg	Maschinenleistung für 1 t Nutzlast in PSi
1	34a	23. XI.	**Friedefürst**	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,407	1,47	170	3,93	0,926	0,0948	0,00213
2	21	19. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,466	1,68	290	11,12	1,748	0,1615	0,00676
3	31	22. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,555	1,90	350	13,07	22,590	0,1950	0,00729
4	24	21. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,610	2,20	530	18,49	4,310	0,2950	0,01028
5	26	21. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,610	2,20	480	19,27	3,904	0,2670	0,01070
6	34b	23. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,610	2,20	450	19,28	3,660	0,2505	0,01072
7	20	19. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,666	2,40	570	32,49	5,061	0,3180	0,01810
8	18	18. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,676	2,43	610	32,66	5,494	0,3400	0,01820
9	46	24. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,722	2,60	660	34,41	6,353	0,3680	0,01915
10	30	22. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,805	2,90	790	41,40	8,479	0,4400	0,02302
11	47	24. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,805	2,90	760	41,37	8,157	0,4230	0,02300
12	8	15. XI.	»	Agnes V. E. G. Emilie	1,75 1,75 1,75	596 584 615	782 765 804	0,860	3,10	840	50,71	9,632	0,4680	0,02820
13	19	18. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,878	3,16	1000	64,45	11,640	0,5580	0,03590
14	44	24. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,916	3,30	1000	63,88	12,213	0,5580	0,03550
15	45	24. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,916	3,30	1050	65,51	12,824	0,5860	0,03650
16	72	1. XII.	**Rhein**	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,916	3,30	960	70,31	11,728	0,5350	0,03920
17	6	15. XI.	**Friedefürst**	Agnes V. E. G. Emilie	1,75 1,75 1,75	596 584 615	782 765 804	0,943	3,40	1150	74,44	14,459	0,6410	0,04140
18	36	23. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,943	3,40	1040	61,89	13,076	0,5800	0,03440

Tabelle 8 (Fortsetzung).

1	2	3	4	5				6		7	8	9	10	11
Lfde. Nr.	Fahrt Nr.	Datum 1910 Tag Mon.	Schlepp-dampfer	Anhänger				Geschwindigkeit		Zugkraft in der Schlepptrosse kg	Mittlere Maschinenleistung in PSi	Zugleistung in $\frac{Z \cdot v}{75}$	Zugkraft für 1 t Nutzlast in kg	Maschinenleistung für 1 t Nutzlast in PSi
				Name	Mittlerer Tiefgang in m	Nutzlast in t	Wasserverdrängung in cbm	m/Sek.	km/Std.					
19	37	23. XI.	Friedefürst	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,943	3,40	1090	69,74	13,704	0,6090	0,03880
20	62	29. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,970	3,50	1230	80,45	15,908	0,6860	0,04480
21	73	1. XII.	Rhein	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	0,970	3,50	1100	81,90	14,226	0,6140	0,04560
22	23	19. XI.	Friedefürst	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	1,000	3,60	1290	96,10	17,200	0,7200	0,05350
23	54	26. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	1,000	3,60	1360	90,29	18,133	0,7590	0,05180
24	63	29. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	1,000	3,60	1240	78,88	16,530	0,6920	0,04660
25	7	15. XI.	»	Agnes V. E. G. Emilie	1,75 1,75 1,75	596 584 615	782 765 804	1,015	3,65	1180	81,36	15,960	0,6580	0,04505
26	22	19. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	1,025	3,70	1280	92,87	17,490	0,7140	0,05117
27	50	25. XI.	Siegesfürst	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	1,025	3,70	1150	101,93	15,716	0,6420	0,06660
28	25	21. XI.	Friedefürst	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	1,055	3,80	1340	94,80	18,849	0,7480	0,05280
29	78	3. XII.	Klara	V. E. G. Emilie Agnes	1,75 1,75 1,75	584 615 596	765 804 782	1,055	3,80	1310	91,49	18,427	0,7300	0,05100
30	57	28. XI.	Siegesfürst	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	1,082	3,90	1320	121,97	19,176	0,7360	0,06800
31	79	3. XII.	Klara	V. E. G. Emilie Agnes	1,75 1,75 1,75	584 615 596	765 804 782	1,082	3,90	1340	87,78	19,331	0,7480	0,04880
32	51	25. XI.	Siegesfürst	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	1,250	4,50	1820	229,54	30,333	1,014	0,1278
33	52	25. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	1,305	4,70	2000	222,40	34,800	1,112	0,1252
34	60	28. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	1,333	4,80	2150	235,77	38,212	1,198	0,1312
35	59	28. XI.	»	Emilie Agnes V. E. G.	1,75 1,75 1,75	615 596 584	804 782 765	1,390	5,00	2200	281,78	40,773	1,225	0,1580
36	81	3. XII.	Klara	V. E. G. Emilie Agnes	1,75 1,75 1,75	584 615 596	765 804 782	1,418	5,10	2350	228,04	44,430	1'310	0,1272

Tabelle 9. Schleppzug mit einem Anhänger (leer). Saatwinkel

1	2	3	4	5			6		7	8	9
				Anhänger							
Lfde. Nr.	Fahrt Nr.	Datum 1910 Tag Mon.	Schleppdampfer	Name	Mittlerer Tiefgang in m	Wasser-verdrängung in cbm	Geschwindigkeit m/Sek	Geschwindigkeit km/Std.	Zugkraft in der Schlepptrosse kg	Mittlere Maschinenleistung in PSi	Zugleistung in $\frac{Z \cdot v}{75}$
1	95	14. XII.	Friedrich Wilhelm	Emilie	0,40	1.89	0,860	3,10	100	6,44	1.146
2	91	13. XII.	» »	»	0,40	1,89	0,970	3,10	100	8,79	1.293
3	92	13. XII.	» »	»	0,40	1,89	1,195	4,30	150	14,89	2,390
4	105	15. XII.	» »	»	0,40	1,89	1,250	4,50	180	13,49	3,000
5	94	14. XII.	» »	»	0,40	1.89	1,442	5,20	340	20.22	6,537
6	93	13. XII.	» »	»	0,40	1,89	1,610	5,80	370	22,84	7,942

Tabelle 10. Schleppzug mit zwei Anhängern (leer). Saatwinkel

1	2	3	4	5			6		7	8	9
				Anhänger							
Lfde. Nr.	Fahrt Nr.	Datum 1910 Tag Mon.	Schleppdampfer	Name	Mittlerer Tiefgang in m	Wasser-verdrängung in cbm	Geschwindigkeit m/Sek.	Geschwindigkeit km/Std.	Zugkraft in der Schlepptrosse kg	Mittlere Maschinenleistung in PSi	Zugleistung in $\frac{Z \cdot v}{75}$
1	99	14. XII.	Friedrich Wilhelm	Emilie V. E. G.	0,40 0,40	1,89 1,81	0,805	2,90	190	9,06	2,039
2	100	15. XII.	» »	Emilie V. E G.	0,40 0,40	1,89 1,81	0,970	3,50	220	14,06	2,845
3	103	15. XII.	» »	Emilie V. E. G.	0,40 0,40	1,89 1,81	1,138	4,10	330	20,25	5,007
4	98	14. XII.	» »	Emilie V. E. G.	0,40 0,40	1,89 1,81	1,165	4,20	330	20,17	5,126
5	101	15. XII.	» »	Emilie V. E. G.	0,40 0,40	1,89 1,81	1,250	4,50	400	29,15	8,00
6	96	14. XII.	» »	Emilie V. E. G.	0.40 0,40	1,89 1,81	1.470	5,30	600	38,56	11,760
7	104	15. XII.	» »	Emilie V. E. G.	0,40 0,40	1,89 1,81	1,525	5,50	590	42,37	11,996
8	102	15. XII.	» »	Emilie V. E. G.	0,40 0,40	1,89 1,81	1,610	5,80	690	47,80	14,812
9	97	14. XII.	» »	Emilie V. E. G.	0,40 0,40	1,89 1,81	1,640	5,90	750	56,74	16,400

Tabelle 11. Schleppzug mit drei Anhängern (leer). Saatwinkel

1	2	3	4	5			6		7	8	9
Lfde. Nr.	Fahrt Nr.	Datum 1910 Tag Mon.	Schleppdampfer	Anhänger Name	Mittlerer Tiefgang in m	Wasserverdrängung in cbm	Geschwindigkeit m/Sek.	km/Std.	Zugkraft in der Schlepptrosse kg	Mittlere Maschinenleistung in PSi	Zugleistung in $\frac{Z \cdot v}{75}$
1	109	16. XII.	Friedrich Wilhelm	Emilie Agnes V. E. G.	0,40 0,41 0,40	189 186 181	0,805	2,90	250	15,29	2,683
2	108	16. XII.	» »	Emilie Agnes V. E. G.	0,40 0,41 0,40	189 186 181	1,000	3,60	460	27,18	6,133
3	116	17. XII.	» »	Emilie Agnes V. E. G.	0,40 0,41 0,40	189 186 181	1,025	3,70	510	32,48	6.970
4	112	16. XII.	» »	Emilie Agnes V. E. G.	0,40 0,41 0,40	189 186 181	1,250	4,50	610	45,18	10,166
5	115	17. XII.	» »	Emilie Agnes V. E. G.	0,40 0,41 0,40	189 186 181	1,250	4,50	710	48,05	11,833
6	107	16. XII.	» »	Emilie Agnes V. E. G.	0,40 0,41 0,40	189 186 181	1,390	5,00	830	62,36	15,382
7	111	16. XII.	» »	Emilie Agnes V. E. G.	0,40 0,41 0,40	189 186 181	1,390	5,00	860	57,97	15,938
8	114	17. XII.	» »	Emilie Agnes V. E. G.	0,40 0,41 0,40	189 186 181	1,390	5,00	850	60,10	15,753
9	113	17. XII.	» »	Emilie Agnes V. E. G.	0,40 0,41 0,40	189 186 181	1,666	6,00	1200	103,30	26,656
10	110	16. XII.	» »	Emilie Agnes V. E. G.	0,40 0,41 0,40	189 186 181	1,695	6,10	1230	103,87	27,798
11	106	16. XII.	» »	Emilie Agnes V. E. G.	0,40 0,41 0,40	189 186 181	1,720	6,20	1220	116,50	27,978

Tabelle 12. Schleppzug mit einem Anhänger (halb beladen [206 t]). Saatwinkel

1	2	3	4	5				6		7	8	9	10	11
Lfde. Nr.	Fahrt Nr.	Datum 1910 Tag Mon.	Schleppdampfer	Anhänger Name	Mittlerer Tiefgang in m	Nutzlast in t	Wasserverdrängung in cbm	Geschwindigkeit m/Sek.	km/Std.	Zugkraft in der Schlepptrosse kg	Mittlere Maschinenleistung in PSi	Zugleistung in $\frac{Z \cdot v}{75}$	Zugkraft für 1 t Nutzlast kg	Maschinenleistung für 1 t Nutzlast in PSi
1	83	12. XII.	Friedrich Wilhelm	Agnes	0,88	206	392	0,750	2,7	120	7,50	1,200	0,583	0,0364
2	84	12. XII.	» »	»	0,88	206	392	0,888	3,2	120	9,27	1,420	0,583	0,0449
3	90	13. XII.	» »	»	0,88	206	392	0,916	3,3	170	11,23	2,076	0,825	0,0546
4	89	13. XII.	» »	»	0,88	206	392	1,110	4,0	270	20,04	3.996	1,31	0,0972
5	85	12. XII.	» »	»	0,88	206	392	1,138	4,1	310	20,79	4,737	1,50	0,1070
6	88	13. XII.	» »	»	0,88	206	392	1,442	5,2	520	38,26	9.997	2,52	0.1853
7	87	13. XII.	» »	»	0,88	206	392	1,470	5,3	520	41,45	10,192	2,52	0.2010
8	86	13. XII.	» »	»	0,88	206	392	1,666	6,0	660	48,27	14,660	3,20	0,2343

Tabelle 13. Frachtdampfer »Goeben«. Saatwinkel

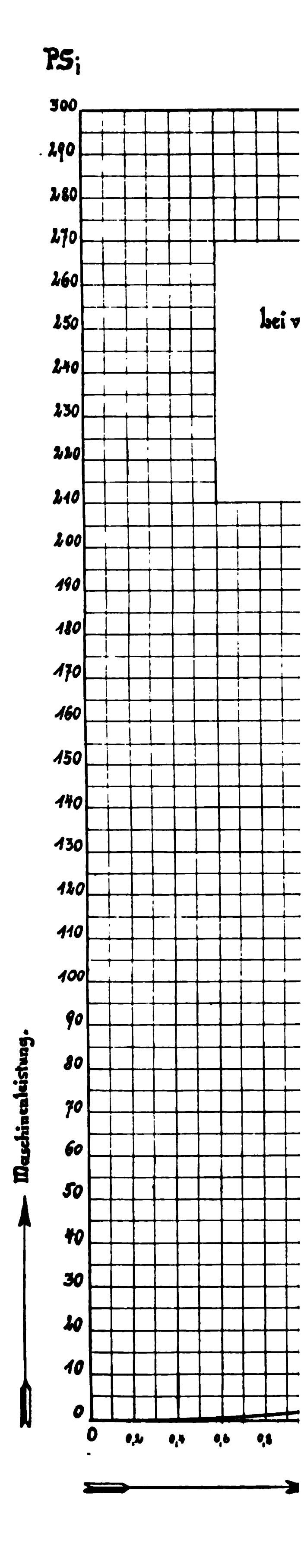
1	2	3	4	5	6	7		8	9
Lfde. Nr.	Fahrt Nr.	Datum 1911 Tag Mon.	Tiefgang in m	Nutzlast in t	Wasser-verdrängung in cbm	Geschwindigkeit m/Sek.	km/Std.	Mittlere Maschinen-leistung in PSi	Maschinen-leistung für 1 t Nutzlast in PSi
1	6	23. II.	1,55	250	385	0,832	3,0	9,87	0,0395
2	8	23. II.	1,55	250	385	0,970	3,1	10,89	0,0433
3	9	23. II.	1,55	250	385	1,025	3,7	17,05	0,0685
4	12	23. II.	1,55	250	385	1,195	4,3	19,50	0,0780
5	2	22. II.	1,55	250	385	1,428	5,15	26,60	0,106
6	1	22. II.	1,55	250	385	1,500	5,4	28,78	0,115
7	7	23. II.	1,55	250	385	1,792	6,45	45,30	0,181
8	14	23. II.	1,55	250	385	1,792	6,45	48,41	0,193
9	3	22. II.	1,55	250	385	2,000	7,2	63,39	0,253
10	15	23. II.	1,55	250	385	2,14	7,7	77,38	0,310
11	11	23. II.	1,55	250	385	2,25	8,1	100,85	0,404
12	4	22. II.	1,55	250	385	2,50	9,0	142,80	0,570
13	10	23. II.	1,55	250	385	2,56	9,2	149,90	0,600
14	13	23. II.	1,55	250	385	2,56	9,2	156,19	0,625
15	5	22. II.	1,55	250	385	2,61	9,4	160,10	0,640

Tabelle 14. Frachtdampfer »Falk« mit Platte unter der Schraube. Saatwinkel

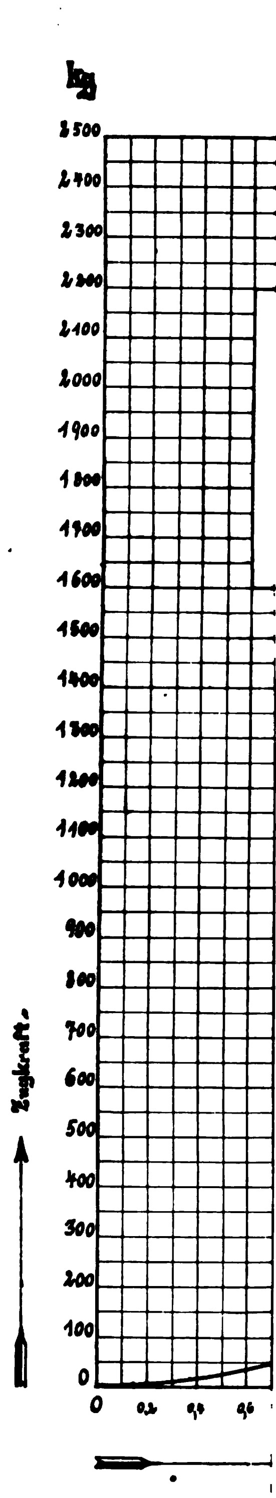
1	2	3	4	5	6	7		8	9
Lfde. Nr.	Fahrt Nr.	Datum 1910 Tag Mon.	Tiefgang in m	Nutzlast in t	Wasser-verdrängung in cbm	Geschwindigkeit m/Sek.	km/Std.	Mittlere Maschinen-leistung in PSi	Maschinen-leistung für 1 t Nutzlast in PSi
1	5	12. VII.	1,42	115	191	1,055	3,8	7,45	0,0649
2	7	12. VII.	1,42	115	191	1,333	4,8	9,44	0,0820
3	6	12. VII.	1,42	115	191	1,78	6,4	23,0	0,2000
4	8	12. VII.	1,42	115	191	2,14	7,7	36,8	0,320
5	1	12. VII.	1,42	115	191	2,16	7,8	33,5	0,291
6	3	12. VII.	1,42	115	191	2,33	8,4	49,6	0,432
7	4	12. VII.	1,42	115	191	2,55	9,1	86,3	0,750
8	2	12. VII.	1,42	115	191	2,58	9,3	99,4	0,864
9	9	12. VII.	1,42	115	191	2,58	9,3	96,7	0,840

Ohne Platte unter der Schraube.

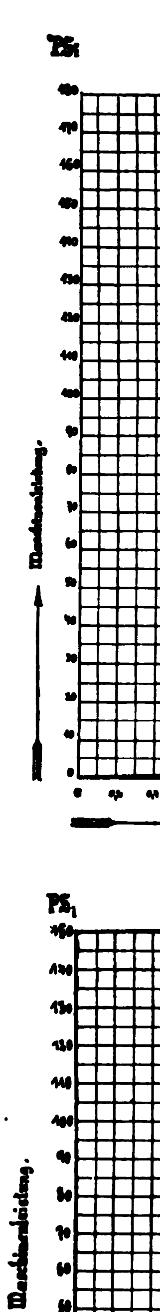
1	2	3	4	5	6	7		8	9
1	5	10. X.	1,35	105	181	1,582	5,7	13,0	0,124
2	1	9. X.	1,35	105	181	2,00	7,2	28,2	0,268
3	2	9. X.	1,35	105	181	2,32	8,36	43,3	0,413
4	7	10. X.	1,35	105	181	1,41	8,7	59,9	0,570
5	3	9. X.	1,35	105	181	2,50	9,0	82,2	0,782
6	4	9. X.	1,35	105	181	2,58	9,3	119,0	1,134
7	6	10. X.	1,35	105	181	2,61	9,4	119,2	1,136



PS_i
300
290
280
270
260
250
240
230
220
210
200
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
bei v
Maschinenleistung.
0
0,2
0,4
0,6
0,8



kg
2500
2400
2300
2200
2100
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
Zugkraft
0
0,2
0,4
0,6



III. Schlussfolgerungen aus den Schleppversuchen.

a) Versuche im Oder-Spreekanal: Schleppzug mit 3 Anhängerschiffen von 55 m Länge, 8 m Breite und 1,75 m Tiefgang (Odermaß).

Leistung des Dampfers zur Fortbewegung des Schleppzuges. Nach den Versuchen ist, um einen Schleppzug mit 3 Anhängern von je 55 m Länge, 8 m Breite, 1,75 m Tiefgang und rund 545 t Tragfähigkeit mit 3,5 km Stundengeschwindigkeit fortzubewegen, eine indizierte Maschinenleistung des Schleppers von 81 PSi erforderlich.

Zu berücksichtigen ist, daß die Versuche in einer vollkommen geraden Strecke ohne nennenswerte Wasser- oder Luftströmungen stattfanden. Im praktischen Schiffahrtsbetriebe werden sich durch Ungenauigkeiten beim Steuern, durch Kurven in der Kanalstrecke, Fahren der Schiffe in der Nähe des Ufers usw. weitere Widerstände ergeben. Alle diese Einflüsse rechnerisch zu verfolgen, verspricht keinen Erfolg, da sie zu verwickelter Natur sind. Einen ungefähren Anhalt findet man aus den Ergebnissen der auf der Donau und an andern Orten gemachten Schleppversuche[1]). Man wird danach genügend sicher gehen, wenn man für die gesamten zusätzlichen Widerstände einen Zuschlag von rund 10 v. H. macht. Die Fortbewegung eines Schleppzuges mit 3 Anhängern des Odermaßes von rund 545 t Tragfähigkeit bei 3,5 km Fahrgeschwindigkeit in der Stunde erfordert hiernach eine indizierte Maschinenleistung von $81 + 8{,}1 = 89{,}1$ PSi oder abgerundet 90 PSi. Für zwei beladene Kähne sind bei 5 km Stundengeschwindigkeit $153 + 15{,}3 =$ rund 169 PSi erforderlich.

Es soll nicht unterlassen werden, an dieser Stelle nochmals darauf hinzuweisen, daß von den bei den Schleppversuchen bei Wernsdorf verwandten Schiffen das eine (Nr. 4497) ganz aus Eisen hergestellt ist, während die Kähne Nr. 425 und 663 einen hölzernen Boden besitzen.

Weitere Ergebnisse für das Odermaß sind aus den Abb. 13 und 14 (S. 10 und 11) und den Tabellen 3 bis 5 (S. 12 und 13) zu entnehmen, wobei zu den Werten dieser Tafeln ein Zuschlag von 10 v. H. zu machen ist.

b) Versuche im Großschiffahrtweg Berlin—Stettin: Schleppzug mit 3 Anhängerschiffen von 65 m Länge, 8 m Breite und 1,75 m Tiefgang (Elbemaß).

Um einen Schleppzug mit 3 Anhängeschiffen von je 65 m Länge, 8 m Breite und 1,75 m Tiefgang von rund 600 t Tragfähigkeit mit 3,5 km Stundengeschwindigkeit fortzubewegen, ist nach den Versuchsergebnissen eine indizierte Maschinenleistung von 76 PSi erforderlich[2]). Mit dem oben begründeten Zuschlag von 10 v. H. ergibt sich die erforderliche indizierte Maschinenleistung zu rund 85 PSi.

Es hat sich somit gezeigt, daß die um 10 m längeren Schiffe des Elbemaßes keinen größeren Widerstand als die Schleppkähne des Odermaßes verursacht haben.

Für die Fortbewegung eines Schleppzuges von 2 Anhängern mit 5 km Stundengeschwindigkeit sind bei 10 v. H. Zuschlag rund 156 PSi nötig. Weitere Ergebnisse, im besonderen auch für Leerfahrten, sind aus den Abb. 34 und 35 (Taf. IV und V) und den Tabellen 6 bis 12 (S. 24 bis 29) zu entnehmen, wobei zu den Werten dieser Tabellen der obige Zuschlag von 10 v. H. zu geben ist.

c) Einfluß des Baustoffes (hölzerne und eiserne Kähne), der Form, der Länge und des Alters der Schleppkähne.

Für die Versuche wurden ganz eiserne Kähne bzw. solche mit Holzböden verwandt. Nach übereinstimmendem Urteil einer Anzahl darum befragter Werften ist das Eisen als das Baumaterial der Zukunft für die großen Lastkähne der Binnenschiffahrt anzusehen, wenn zwar die eisernen Kähne in der Anschaffung etwas teurer werden. Abgesehen von der zunehmenden Schwierigkeit, für den Schiffsbau geeignetes Holz im Handel zu erhalten, sprechen für die Verwendung von Eisen vornehmlich

---

[1]) Suppán, Wasserstraßen und Binnenschiffahrt und Handb. der Ingenieur-Wissensch. 4. Aufl. III. Teil. V. Bd., S. 97.

[2]) Über die vermutliche Ursache, daß hier nur 76 PSi, in Wernsdorf 81 PSi gemessen wurden, siehe nachstehend unter c.



dampfer den Zug nicht mehr vorwärts bringen konnte und der Schleppversuch abgebrochen werden mußte. Bei einer Fahrt mit 6 km Stundengeschwindigkeit fand ein Seitwärtstreiben der Kähne unter sonst gleichen Verhältnissen nicht statt. Die Uferhöhe betrug etwa 2,0 m, so daß die hochliegenden Kähne etwa 2,0 m über Gelände hinausragten.

Man ersieht hieraus, daß eine Fahrgeschwindigkeit von 3 km für leerfahrende Schleppzüge praktisch nicht in Frage kommen kann. Weitere Beobachtungen ergaben, daß etwa bei 4,5 km Stundengeschwindigkeit die Grenze liegt, bei welcher auch leerfahrende Schleppzüge sich bei mäßigem Seitenwinde noch in der Richtung halten.

Erforderliche Schleppleistung. Die Fortbewegung eines Schleppzuges von drei leeren Anhängern mit Elbemaß erfordert bei 3,5 km Stundengeschwindigkeit rund 20 PSi, bei 5,0 km Stundengeschwindigkeit 60 PSi und bei 6,0 km Stundengeschwindigkeit rund 103 PSi.

Weitere Angaben hierüber siehe Abb. 34 (Taf. IV) und Tabelle 9 bis 11 (S. 28 u. 29).

e) Angriff auf die Uferböschungen.

Ein Angriff auf die Uferbefestigung ist beim Schleppen eines Schleppzuges, bestehend aus einem Dampfer von 90 PSi Leistung und 3 Anhängern von 600 t Tragfähigkeit, bei einer Stundengeschwindigkeit von 3,5 km durch die Schraubenarbeit nicht zu erwarten, ebenso unbedenklich wäre es in dieser Hinsicht z. B. zwei Kähne mit 5 km Geschwindigkeit zu schleppen. Auf diese Wellenhöhe und den damit verbundenen Uferangriff ist nicht die Arbeit der Schiffsschraube, sondern die Geschwindigkeit der Fortbewegung, d. h. die Bugwelle von Einfluß, während der Angriff auf die Kanalsohle von der Größe und Art der Schraubenarbeit abhängt.

Der Wellenschlag steigert sich mit der zunehmenden Fahrgeschwindigkeit (Abb. 38). Eine Geschwindigkeit des Einzelfahrers von etwa 8,5 km in einer Stunde, erzeugt im Kanal eine Wellenbewegung bis 15 cm Höhe. Es konnte nicht wahrgenommen werden, daß durch diese Wasserbewegung die Schüttsteine oder Kalksandsteine der Uferdeckung aus ihrer Lage gebracht wurden.

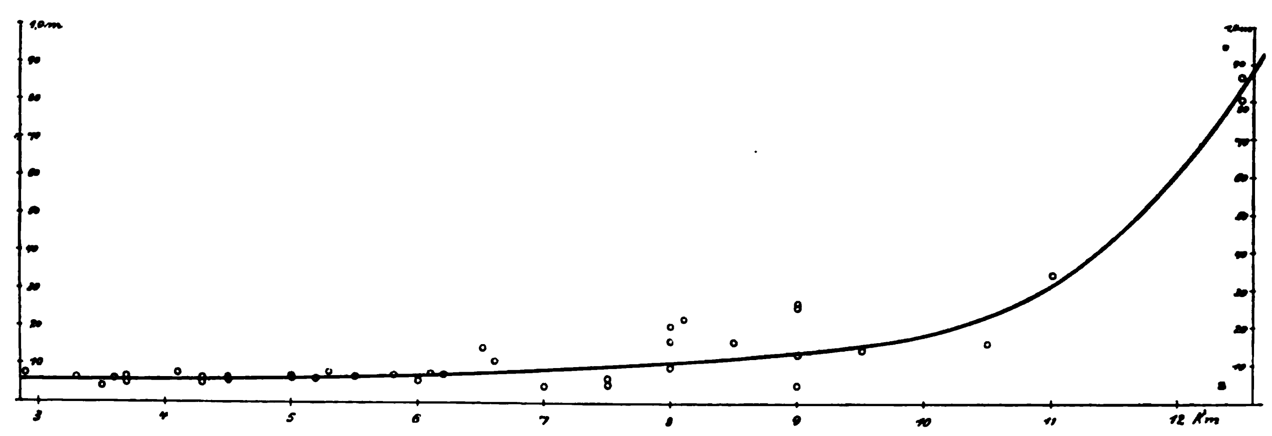


Abb. 38. Beziehung zwischen Fahrgeschwindigkeit und Wellenhöhe am Kanalufer bei Fahrt eines Einzeldampfers. Längenmaß 1 : 60 000, Höhenmaß 1 : 20.

Auch weiterhin, bis zu einer Geschwindigkeit bis zu etwa 10 km, halten sich die Wellenbildungen noch in mäßigen Grenzen. Wenn man aber über dieses Maß hinausgeht, so wächst die Wellenhöhe schnell an und steigert sich zwischen 10 und 12 km Stundengeschwindigkeit in einer für den Bestand der Böschungen bedrohlichen Weise. Die Wellen schälten dann in mächtiger Strömung am Ufer entlang (Abb. 17, S. 15) und die Schüttsteine wurden herumgeworfen. Ein derartiger Angriff müßte in kurzer Zeit eine Zerstörung der Ufer herbeiführen, und eine so schnelle Fahrt muß daher als unzulässig angesehen werden. Eine Stundengeschwindigkeit bis 8,5 km für einen leeren oder beladenen Einzeldampfer erscheint jedoch noch unbedenklich, wenn eine Uferdeckung aus Steinschüttung oder eine andere gute Befestigung vorhanden ist.

f) Ermittlung der Zugkräfte, Maschinenleistungen und Kohlenkosten für jede Ladung.

Die nach den Ergebnissen der Wernsdorfer und Saatwinkeler Versuche dargestellten Zug- und Leistungskurven beziehen sich auf Schleppzüge mit 1 bis 3 leeren, 1 bis 3 voll beladenen und einem Kahn mit 206 t Nutzlast. Es ist wünschenswert, neben diesen Zugkräften und Maschinenleistungen auch diejenigen für jede beliebige Ladung zu kennen bzw. ermitteln zu können. Zu diesem Zweck ist von der folgenden Beziehung ausgegangen:

$$\frac{\text{Zugkraft in der Trosse} \cdot \text{Geschwindigkeit in m/Sek.}}{75 \cdot \eta} = \frac{\text{Bruttolast} \cdot \text{Zugkraft für 1 t Bruttolast} \cdot \text{Geschwindigkeit in m/Sek.}}{75 \cdot \text{Wirkungsgrad}} = \text{PSi}.$$

Vor Anwendung dieser Formel müssen die Zugkräfte für je 1 t Bruttolast von einem leeren Kahn (186 t) bis zu drei beladenen Kähnen (2358 t) bei den in Frage kommenden Geschwindigkeiten (2 bis 8 km) bestimmt werden. Außerdem ist es Erfordernis, daß für jede Ladung und Geschwindigkeit der jeweilige Wirkungsgrad, d. h. das Verhältnis der theoretischen Zugleistung zur indizierten Maschinenleistung $\left(\frac{\frac{Z \cdot v}{75}}{\text{PSi}}\right)$, bekannt ist.

Abgesehen von dem geringeren Leistungsbedarf der Schleppkähne mit eisernem Boden gegenüber denen mit hölzernem geht aus den Schaulinien (Abb. 13, S. 10 und Abb. 34, Taf. IV) und den Tabellen 3 bis 8 (S. 12 bis 13 und S. 24 bis 26) hervor, daß für gleiche Geschwindigkeiten, unabhängig von der Anzahl der beladenen Kähne, die Maschinenleistung für 1 t Nutzlast annähernd dieselbe ist, während dieser Wert für Kähne mit geringerer Ladung (z. B. 206 t Tabelle 12, S. 29) bedeutend größer wird. Auch für den beladenen Frachtdampfer »Göben« (Tabelle 13, S. 30) decken sich diese Werte mit denen der 600 t-Kähne. Bei dem Selbstfahrer »Falk« ist der Leistungsbedarf bis zu 8 km Stundengeschwindigkeit der gleiche wie bei den Kähnen und dem Selbstfahrer »Göben« (Abb. 36 u. 37, Taf. VI), steigt jedoch dann unverhältnismäßig schnell an. Ob die Schraube, die Schiffsform oder andere Einflüsse hierfür die Veranlassung gegeben haben, konnte nicht festgestellt werden.

Zur Bestimmung der Zugkräfte für 1 t Bruttolast bei verschiedenen Ladungen und bei den Geschwindigkeiten von 2, 3, 4 bis 8 km/Std., sind zuerst die Zugkräfte der Saatwinkeler Versuche in Abhängigkeit von der Bruttolast gebracht (Abb. 39, S. 36). Die Abscissen stellen die Bruttolast und Ladung, die Ordinaten die Zugkräfte in der Schlepptrosse dar. Bei 186 t (1 Kahn leer) sind die Werte der Zugkräfte für 2, 3 bis 8 km/Std. aus der betreffenden Zugkurve entnommen und aufgetragen. Dasselbe ist geschehen für den teilweise beladenen Kahn von 392 t Bruttolast (Ladung 206 t) und für den vollbeladenen Kahn von 786 t Bruttolast (Ladung 600 t). Es ergibt sich, daß die jeweils zusammengehörigen drei Werte für dieselbe Geschwindigkeit fast auf einer Geraden liegen, d. h. daß die Zugkraftzunahme pro Tonne Nutzlast annähernd gleich ist. Wenn auch für Schleppzüge mit teilweise beladenen zwei und drei Anhängern keine Versuche vorgenommen wurden, so sind nach den Feststellungen für einen Kahn die vorliegenden Grenzwerte durch gerade Linien verbunden. Auf die gleiche Art lassen sich die Werte für alle Geschwindigkeiten zwischen 2 und 8 km/Std. feststellen. Selbst wenn diese Kurven, wie diejenigen für einen Kahn eine geringe Schweifung nach unten haben sollten, so sind die dadurch hervorgerufenen Ungenauigkeiten praktisch bedeutungslos.

Aus den erhaltenen Zugkräften (Abb. 39) sind auf Abb. 40 (S. 37) die gesuchten Werte für 1 t Bruttolast rechnerisch festgestellt und verzeichnet.

Zur Ermittelung des jeweiligen Wirkungsgrades für alle Ladungen der Schleppzüge, sind in der nachstehenden Tabelle 15 aus den indizierten Maschinenleistungen der Saatwinkeler Versuche (Abb. 34, Taf. IV) zuerst die Wirkungsgrade bei den Versuchsfahrten für die Geschwindigkeiten von 2, 3 bis 8 km/Std. errechnet. Dieselben schwanken danach zwischen 0,33 bei einem leeren Kahn (3 km/Std.) und 0,17 bei 3 voll beladenen Kähnen (5 km/Std.).

Die Wirkungsgrade zur Bestimmung der Maschinenleistungen für jede Ladung der Schleppzüge sind nun durch Einschaltung zwischen den Grenzwerten für den leeren und voll beladenen Schleppzug bei den entsprechenden Geschwindigkeiten bestimmt und in die eingangs erwähnte Formel eingesetzt. Die erhaltenen Werte für die Maschinenleistungen abhängig von den Bruttolasten sind auf Abb. 41 (S. 38) für 2, 3 bis 8 km Stundengeschwindigkeit aufgetragen. Aus diesen Leistungs-

Tabelle 15.

Bruttolast	Geschwindigkeit in km/Std.	Geschwindigkeit in m/Sek.	kg m/Sek. $\frac{Z \cdot v}{75}$	PSi	$\frac{PSi}{\frac{Z \cdot v}{75}}$	Wirkungsgrad η $\frac{\frac{Z \cdot v}{75}}{PSi}$
1 Kahn leer 186 t	2	0,555	0,306	1,0	3,27	0,306
	3	0,833	1,00	3,0	3,00	0,333
	4	1,111	2,59	8,0	3,09	0,325
	5	1,388	5,10	16,0	3,14	0,318
	6	1,666	8,90	29,0	3,26	0,307
	7	1,944	14,22	48,0	3,37	0,294
	8	2,222	21,00	76,0	3,62	0,276
1 Kahn halb beladen 392 t Ladung 206 t	2	0,555	0,630	2,5	4,02	0,250
	3	0,833	1,772	7,0	3,95	0,251
	4	1,111	4,29	17,0	3,96	0,252
	5	1,388	8,53	32,5	3,81	0,262
	6	1,666	14,65	57,0	3,89	0,257
	7	1,944	23,80	88,0	3,70	0,270
	8	2,222	35,60	127,0	3,57	0,280
1 Kahn beladen 786 t Ladung 600 t	2	0,555	1,12	4,5	4,02	0,249
	3	0,833	3,62	14,0	3,87	0,258
	4	1,111	8,50	33,0	3,89	0,257
	5	1,388	16,70	65,0	3,90	0,257
	6	1,666	28,60	113,0	3,95	0,253
	7	1,944	45,50	184,0	4,05	0,247
	8	2,222	67,80	285,0	4,20	0,238
2 Kähne leer 372 t	2	0,555	0,640	2,5	3,91	0,256
	3	0,833	2,060	7,5	3,64	0,275
	4	1,111	4,81	18,0	3,74	0,267
	5	1,388	9,23	36,0	3,91	0,256
	6	1,666	15,96	61,0	3,82	0,262
2 Kähne beladen 1572 t Ladung 1200 t	2	0,555	1,93	8,5	4,40	0,227
	3	0,833	6,33	28,0	4,42	0,226
	4	1,111	14,95	68,0	4,54	0,220
	5	1,388	29,80	142,0	4,76	0,210
	6	1,666	49,00	263,0	5,37	0,186
3 Kähne leer 558 t	2	0,555	1,039	4,0	3,85	0,260
	3	0,833	3,33	12,0	3,61	0,278
	4	1,111	8,14	30,0	3,68	0,272
	5	1,388	15,85	59,0	3,72	0,269
3 Kähne beladen 2358 t Ladung 1800 t	2	0,555	2,75	15,0	5,45	0,183
	3	0,833	9,43	48,0	5,09	0,196
	4	1,111	22,40	116,0	5,18	0,193
	5	1,388	43,20	254,0	5,88	0,170

kurven und denjenigen für die Zugkräfte (Abb. 39, S. 36) können die auf den Abb. 34 u. 35 festgelegten Versuchsergebnisse für jede Ladung zwischen einem leeren Kahn und drei voll beladenen Kähnen auch für die Zwischengeschwindigkeiten ergänzt werden.

Auf Abb. 42 (S. 39) sind unter Zugrundelegung eines Kohlenverbrauchs von 1,25 kg/PSi-Std. und eines Kohlenpreises von 18,— Mk./t die reinen Kohlenkosten für 1 km Schleppzug und auf Abb. 43 (S. 40) diejenigen für 1 t/km bei verschiedenen Geschwindigkeiten und Ladungen dargestellt und zwar ebenfalls in Abhängigkeit von der Bruttolast. Die Werte auf Abb. 42 lassen die Zunahme der Kohlenkosten bei allen Ladungen der untersuchten Schleppzüge erkennen.

Um jedoch das Gesetz des Anwachsens derselben bei zunehmender Geschwindigkeit augenfälliger zu zeigen, als dies die Kurven auf Abb. 42 u. 43 tun, sind auf den Abb. 44 u. 45 (Taf. VII) die reinen Kohlenkosten in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit gebracht. Als Unterlage zu der Ermittlung der Werte haben die Saatwinkeler Ergebnisse auf Abb. 34 bzw. die Werte auf Abb. 42 und 43 gedient.

Aus der Abb. 45 ist z. B. ersichtlich, daß für 2 voll beladene Kähne, also für eine Nettolast von 1200 t bzw. 1572 t Bruttolast bei einer Geschwindigkeit von 3 km/Std. die Kohlenkosten rund 22 Pfg. für 1 km betragen, während sie bei der doppelten Geschwindigkeit, also bei 6 km, auf rund 98 Pfg., d. h. auf den mehr als vierfachen Betrag anwachsen.

Auf Abb. 46 sind die Kohlenkosten für 1 tkm Nutzlast umgerechnet.

Der Verlauf der Kurven auf Abb. 43 zeigt, daß bei einer bestimmten Ladung der Schleppzüge die Kohlenkosten für 1 tkm ihren geringsten Wert annehmen und zwar nicht bei voller Ladung, sondern bei einem Zwischenwert.

Es betragen z. B. bei einem Schleppzug von 2 Kähnen und 4 km Stundengeschwindigkeit die Kohlenkosten für 1 tkm bei voller Ladung (1200 t Nutzlast) 0,026 Pfg., wohingegen er leer 0,027 Pfg. erfordert. Die geringsten Kosten entstehen bei rd. 1050 t Bruttolast bzw. 650 t Nutzlast. Man kann diese Ladung mit Rücksicht auf den Kohlenverbrauch als »wirtschaftlich günstigste« bezeichnen.

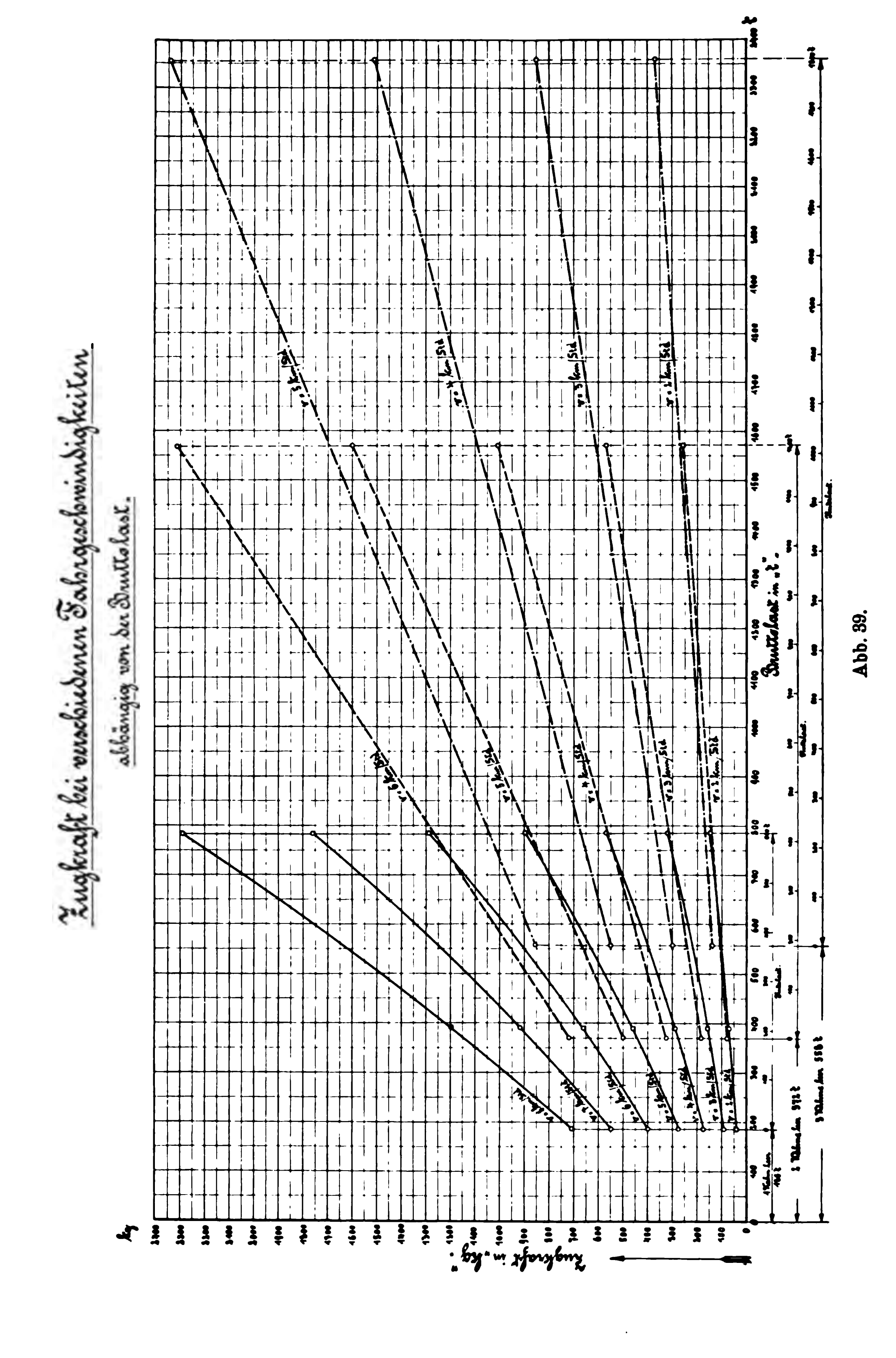
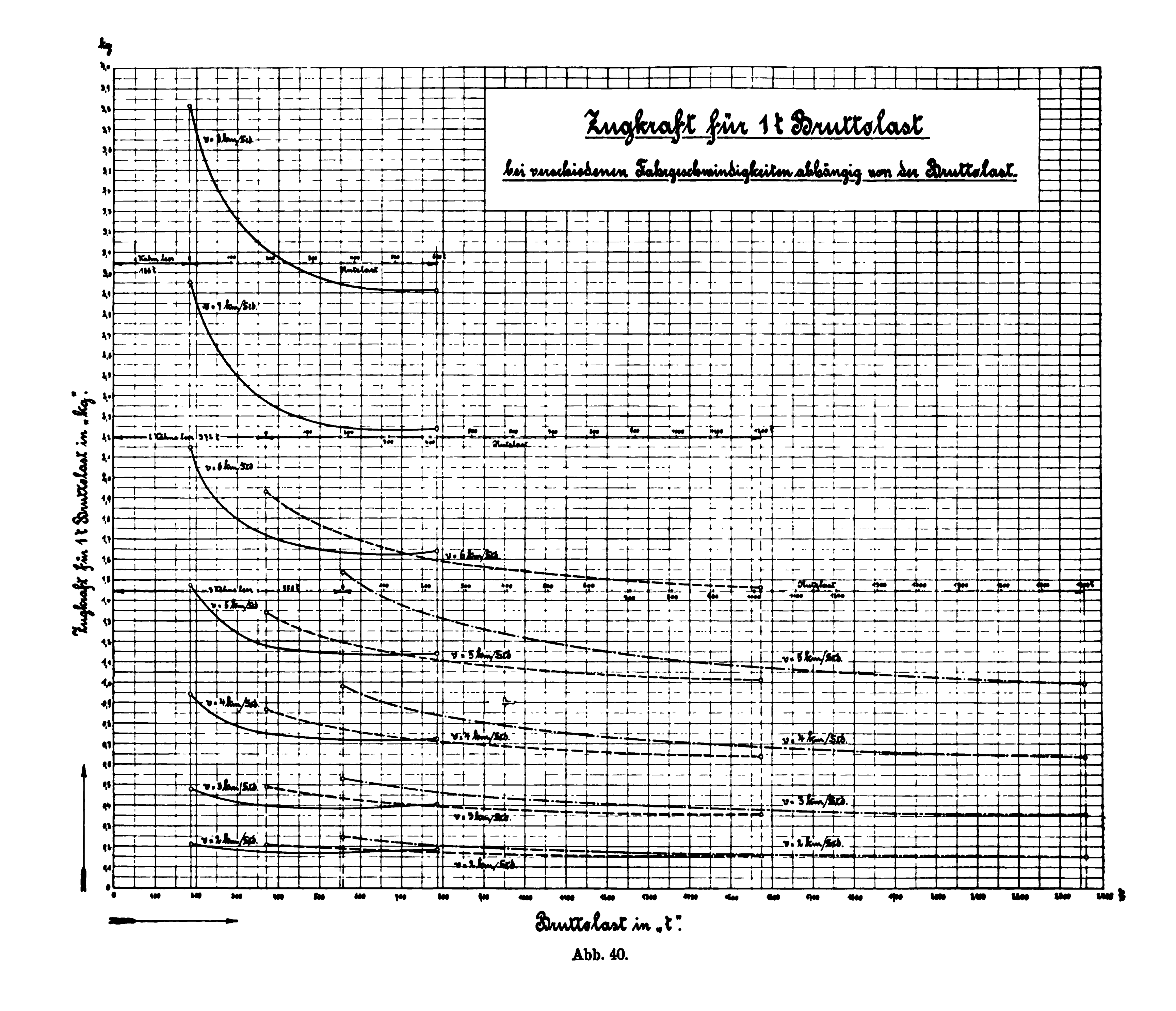

Zugkraft bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten
abhängig von der Bruttolast.
Zugkraft in „kg.“
Bruttolast in „t“.

Abb. 39.



Zugkraft für 1 t Bruttolast
bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten abhängig von der Bruttolast.
Bruttolast in „t“.
Zugkraft für 1 t Bruttolast in „kg“.

Abb. 40.

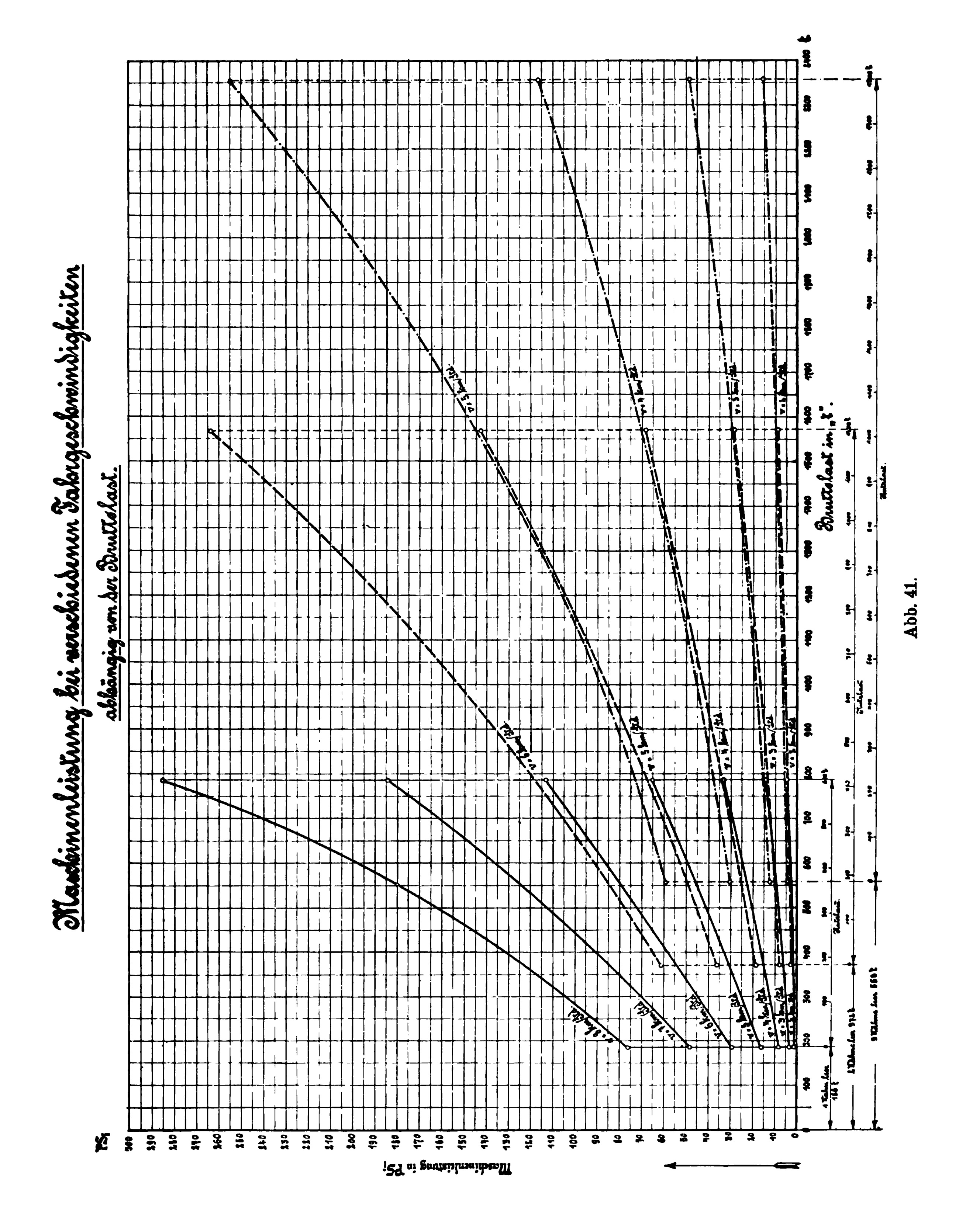

Maschinenleistung bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten
abhängig von der Bruttolast.

Abb. 41.

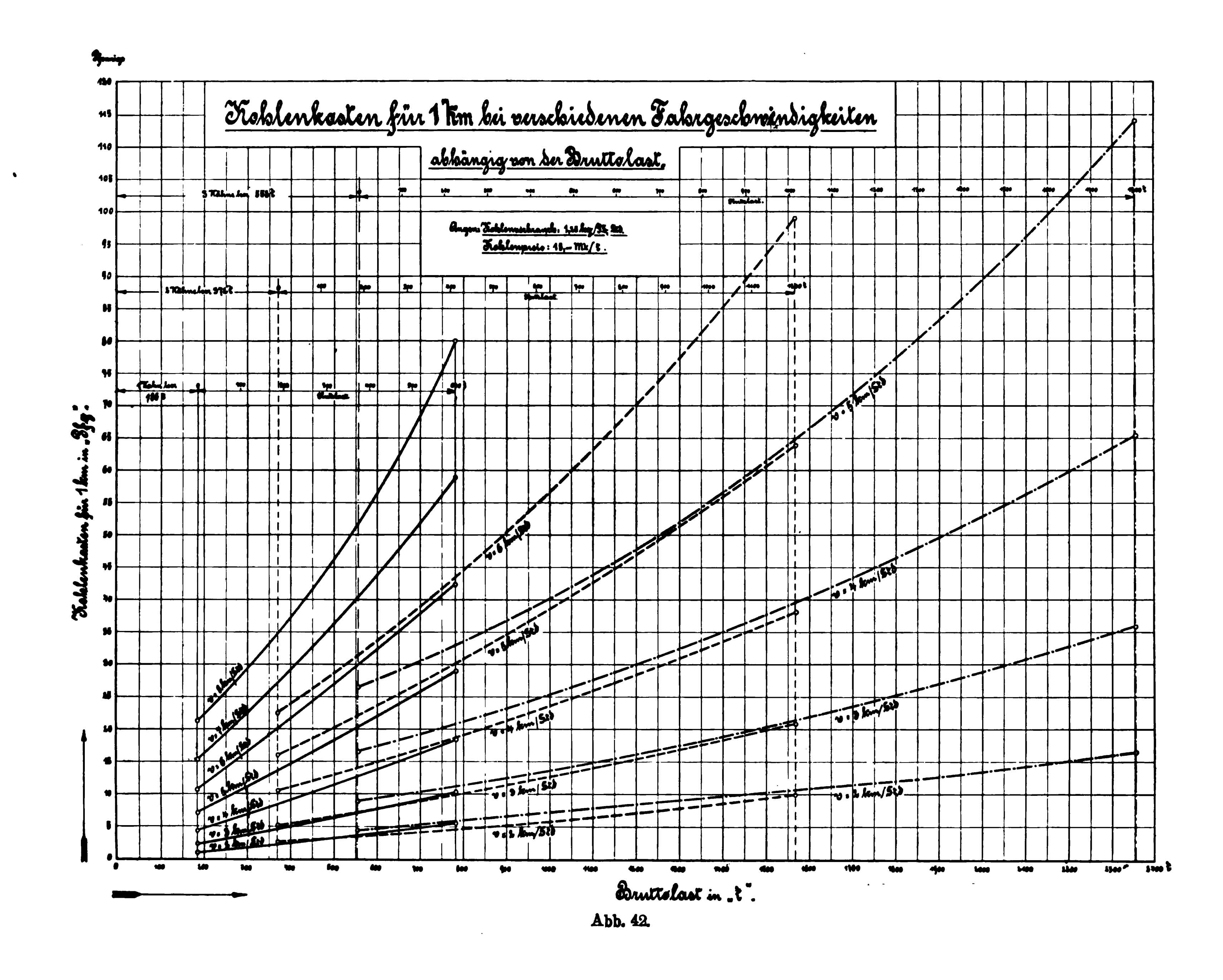

Kohlenkosten für 1 km bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten
abhängig von der Bruttolast.
Kohlenkosten für 1 km in „Pfg."
Bruttolast in „t".

Abb. 42.

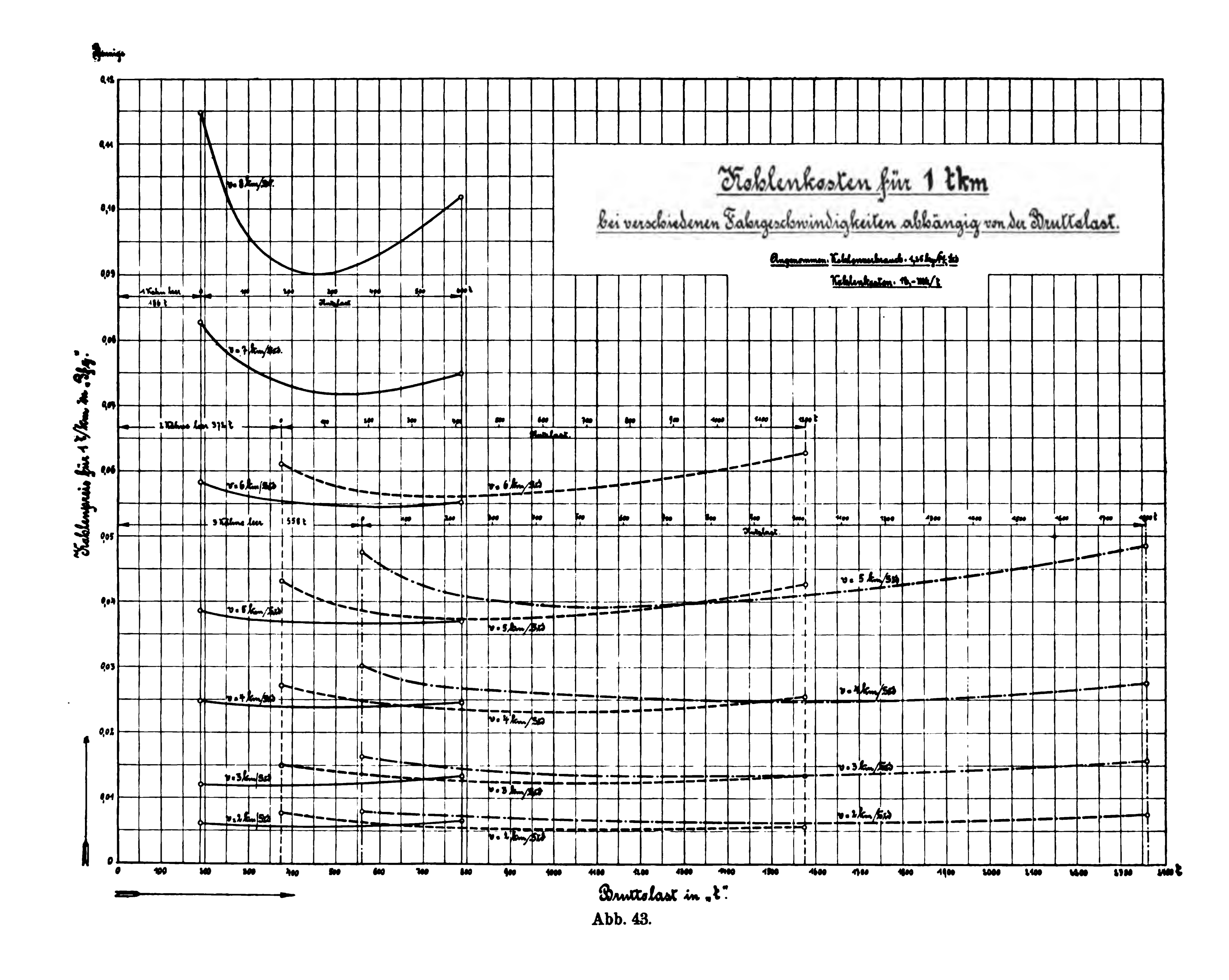
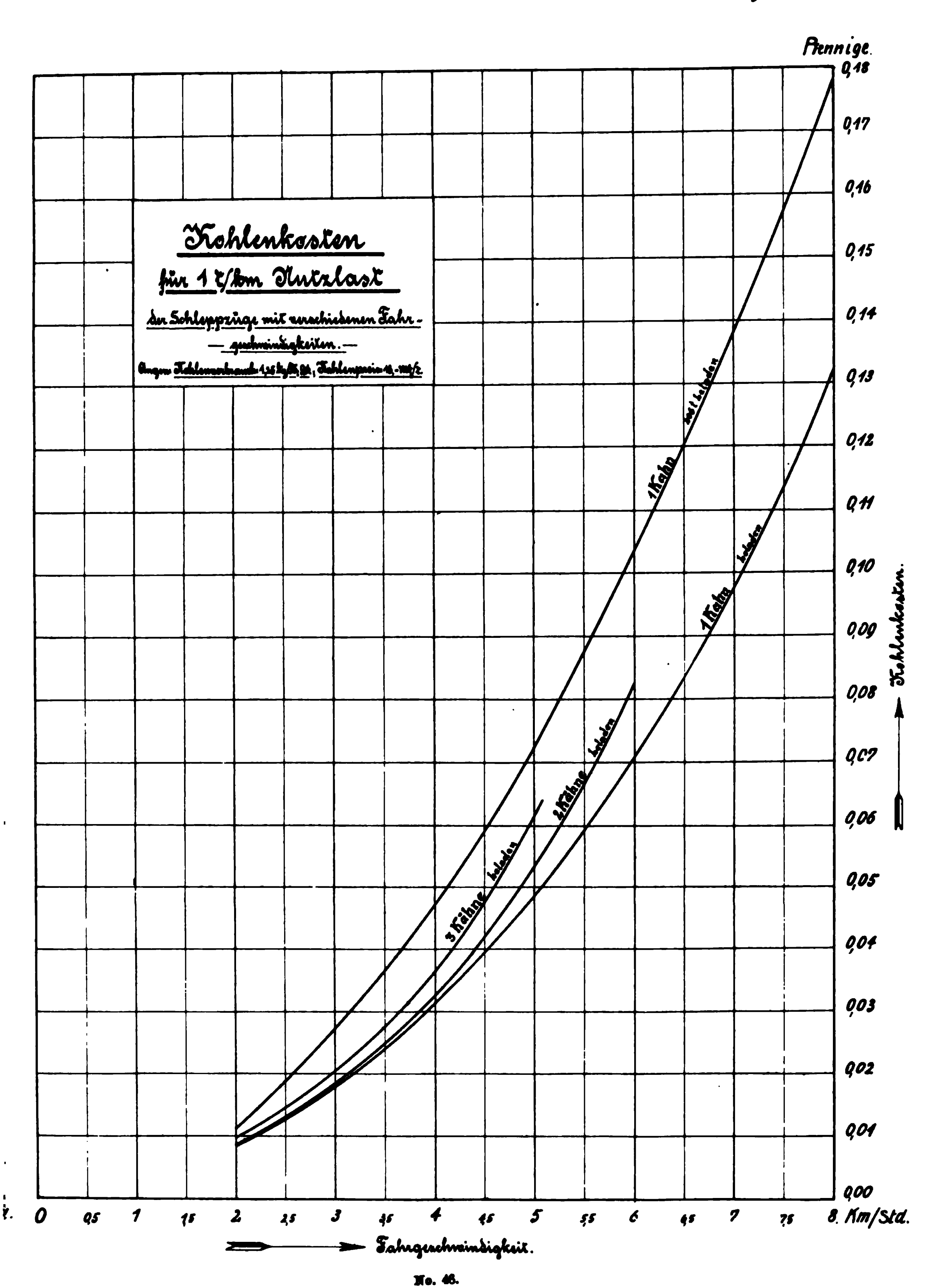

Kohlenkosten für 1 tkm
bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten abhängig von der Bruttolast.
Kohlenpreis für 1 t/km in „Pfg.“
Bruttolast in „t“.

Abb. 43.


Kohlenkosten
für 1 t/km Nutzlast
der Schleppzüge mit verschiedenen Fahr-
— geschwindigkeiten. —
Pfennige
0,18
0,17
0,16
0,15
0,14
0,13
0,12
0,11
0,10
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0,00
Kohlenkosten
1 Kahn
1 Kahn beladen
2 Kähne beladen
3 Kähne beladen
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
4,5
5
5,5
6
6,5
7
7,5
8 Km/Std.
Fahrgeschwindigkeit.

No. 46.

IV. Schraubenversuche im Durchstich des Großschiffahrtweges Berlin—Stettin bei Saatwinkel zur Ermittlung der Wirkung der Schraubenarbeit auf das Kanalbett.

1. Allgemeines.

a) Gewöhnliche Einschraubendampfer.

Zur weiteren Untersuchung der schon bei den Versuchen bei Wernsdorf geprüften Frage über die Einwirkung der Schraube auf die Kanalsohle (siehe S. 15) wurden besondere Versuche im Durchstich des Großschiffahrtweges bei Saatwinkel angestellt.

Die Dampfer wurden zu diesem Zweck in der Kanalmitte an zwei 50 m langen Seilen nach den beiden Ufern fest verankert (Abb. 47, S. 42, 23 und 24 S. 17) und vorn durch Halteseile festgelegt, so daß eine ruhige Lage während der Versuche gesichert war. Die arbeitenden Schrauben erzeugten hierbei Zugkräfte von 900, 1200, 1700 und 2500 kg, die einer indizierten Leistung der Maschinen von rund 40, 65, 110 und 220 PSi entsprechen (vgl. jedoch unten). Jeder Versuch dauerte 2 Stunden. Vor und nach den Versuchen wurden Peilquerschnitte durch den Kanal gelegt. Die Ergebnisse, die sich in einer Austiefung des Kanalbettes darstellen, sind aus der nachstehenden Einzelbeschreibung, die im übrigen einige bemerkenswerte Erscheinungen hervorhebt, sowie aus der Tabelle 16 (S. 81) ersichtlich.

Es kann gegen diese Versuche der Einwand erhoben werden, daß eine so scharfe Wirkung der Schraube, wie sie sich bei zweistündiger Arbeit äußert, im praktischen Schiffahrtsbetriebe nicht eintreten wird, da der Schleppzug schnell über die einzelne Stelle der Sohle hinweggleitet. Immerhin kommt es oft genug vor, daß ein Schleppzug festläuft und nun die Schraube lange Zeit hindurch mit äußerster Anstrengung zu arbeiten hat, um den Schleppzug frei zu bekommen. In einem solchen Falle wird die ungünstige Wirkung der Schraube auf die Kanalsohle die gleiche wie bei den vorliegenden Versuchen sein. Ähnliches findet beim Anfahren der Schleppzüge statt. Und bei erst einmal vorhandener Zerstörung des Kanalbettes werden die späteren Angriffe der vorüberfahrenden Dampfer ein leichteres Spiel haben, und die Beschädigung der Kanalabdichtung kann sich leicht vergrößern. Zum mindesten wird man nicht in Abrede stellen können, daß aus diesen Versuchen Vergleichszahlen für die verschiedenen Schraubenformen und Dampfertypen, für die Wirkung der Umdrehungen der Schraube usw. gefunden werden.

Aber auch die Schraubenwirkung selbst ist eine verschiedene für den Fall des Stillstandes und der Fahrt des Dampfers. Im Stillstand wird die ganze Kraft der Schraube darauf verwandt, den Wasserzylinder hinter dem Schiff in Bewegung zu setzen. Bei der Fahrt wird diese Kraft damit verzehrt, das Wasser zu durchschneiden und dem Schiff die Vorwärtsbewegung zu erteilen. Es wird also dort die Größe der rückwärts wirkenden Stemmkraft der Schraube bei gleicher Maschinenleistung größer sein als bei der Fahrt. Dies wird man bei der Beurteilung der Schraubenwirkung nicht außer acht lassen dürfen.

Nach den später mitgeteilten Ergebnissen üben die Dampfer bei gleicher Zugkraft in der Ruhelage (verankert) eine wesentlich geringere PSi-Leistung aus als in der Fahrt. Es hat der Dampfer »Klara« hiernach z. B. bei 1200 kg Zug in der Ruhelage nur 64 PS geleistet, während derselbe Dampfer in der Fahrt mit 3 Anhängern bei gleicher Zugkraft 77, bei 2 Anhängern 84 und bei 1 Kahn 93 PS entwickelt hat. Also haben sich die Versuche, was die Stärke der Schraubenarbeit anbetrifft, unter Verhältnissen abgespielt, die für die Kanalsohle günstiger waren als sie in der Fahrt sind. Es müssen hiernach die Ergebnisse der Schraubenversuche für den Angriff auf die Knallsohle entsprechend bewertet werden, indem die Maschinen der Dampfer zur Ausübung der im Ankerseil gemessenen Zugkraft tatsächlich eine geringere Leistung ausübten als dies am Schleppzuge in der Fahrt bei gleicher Schleppkraft geschehen muß.

Um den Vorgang des vorüberfahrenden Schleppzuges in etwas nachzuahmen, wurde der folgende Versuch gemacht. Der Dampfer wurde an einer Stelle des Kanals festgelegt und es arbeitete die Schraube nur je 1 Minute Volldampf. Danach trat eine Pause von $^1/_2$ Minute ein, um dem aufgewirbelten Sand Zeit zu lassen, sich zu setzen. Dann begann die Schraubenarbeit von neuem.

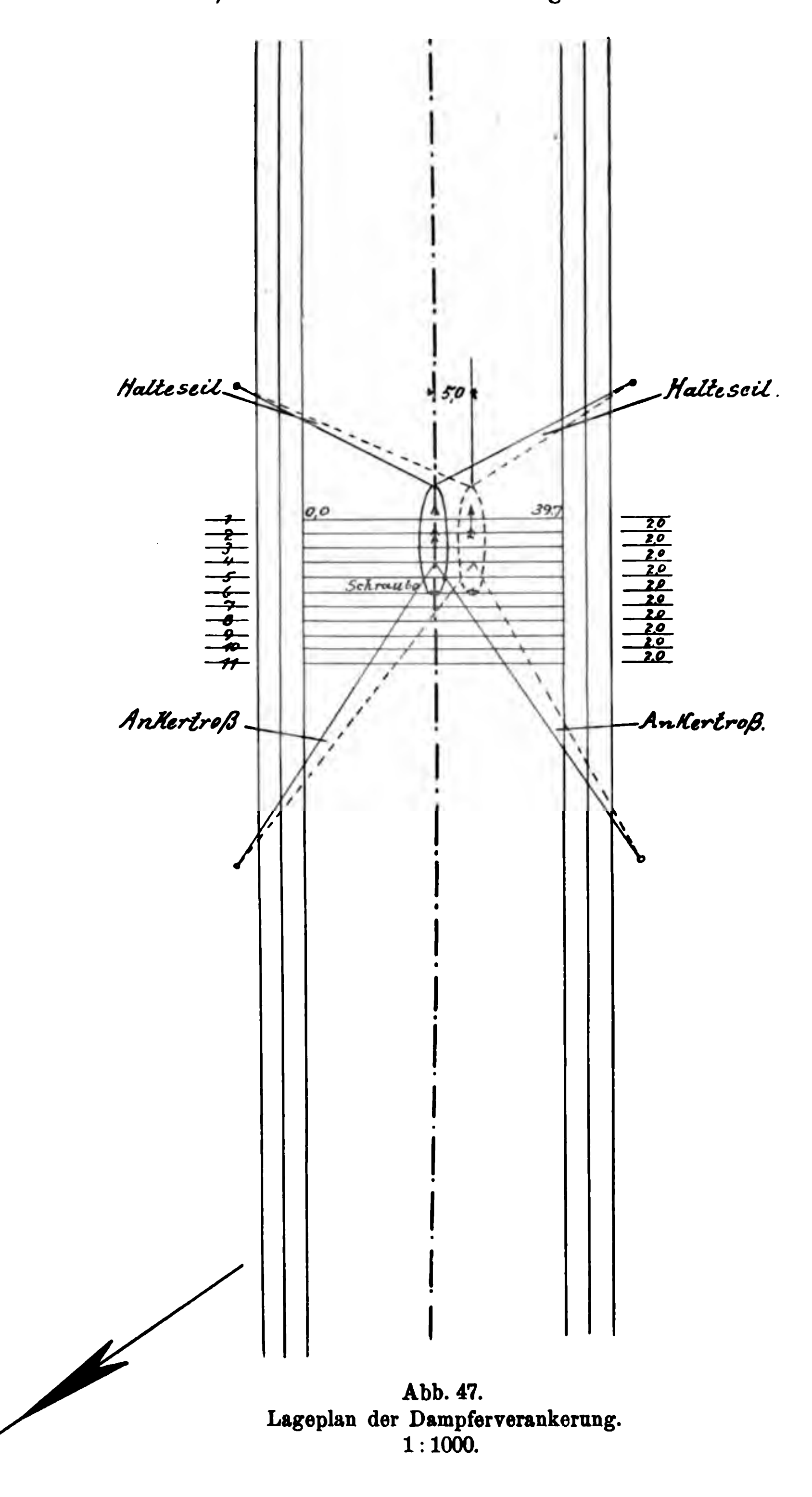


Abb. 47.
Lageplan der Dampferverankerung.
1 : 1000.

Das Spiel wiederholte sich 45 mal. Die Austiefung war hierbei nicht eine so starke wie in den anderen Fällen. Immerhin war die Dauer des Versuches zusammen auch nur 3/4 Stunde, während sonst jeder Versuch 2 Stunden währte. Ein Beharrungszustand in der Ausspülung schien noch nicht eingetreten zu sein. Man kann annehmen, daß sich die Austiefung bei weiterer Arbeit der Schraube noch vermehrt hätte. Jedenfalls wurde durch diesen Versuch festgestellt, daß auch bei nur zeitweiser Schraubenwirkung und kurzer Gesamtdauer das Kanalbett aus seiner Ruhelage gebracht und der Sand fortgespült wurde.

Während diese Versuche zur Ausführung gelangten, war zur Kenntnis gekommen, daß die Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin Modellversuche[1]) darüber ausführte, wie sich die Wirkung der Schraube auf die Kanalsohle gestaltet, wenn statt eines mittleren Steuers zwei seitliche Steuer neben der Schraube angeordnet werden, so daß eine Teilung und Brechung des aus der Schraube abströmenden Wassers nicht mehr stattfindet, sondern der Wasserstrudel sich frei nach hinten ausdehnen kann.

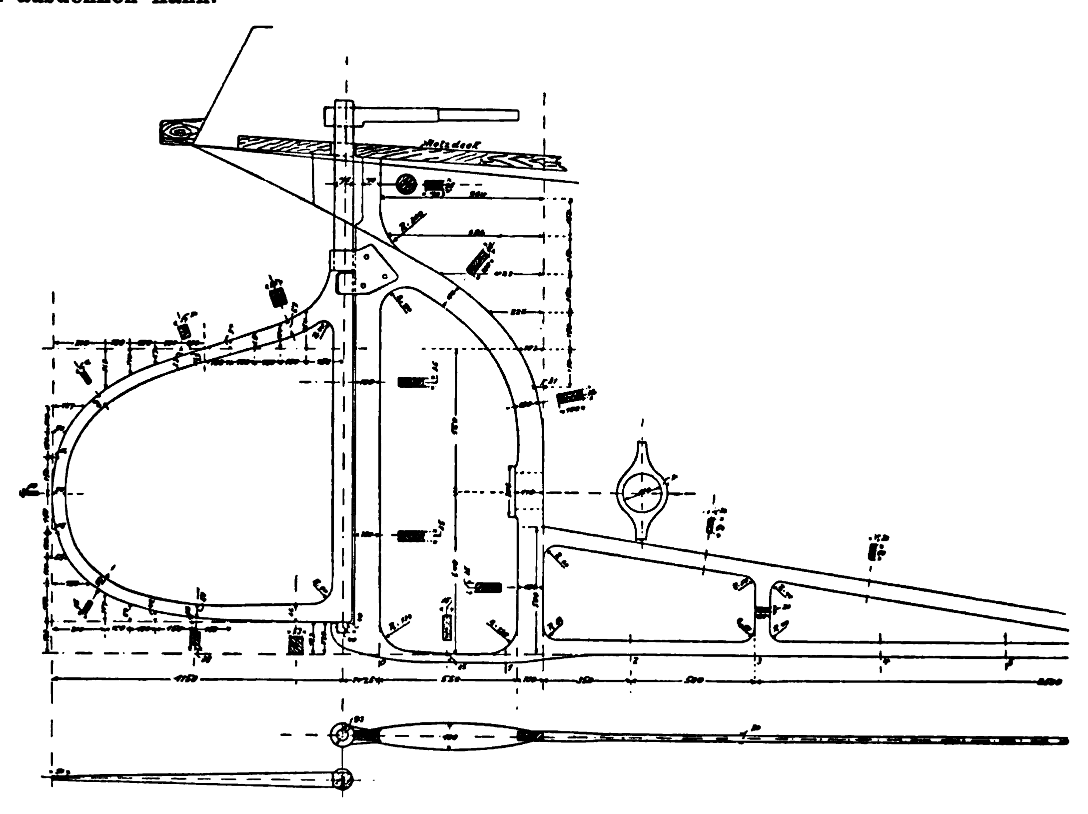


Abb. 48. Heck des Schleppdampfers »Friedrich Wilhelm«. 1:30.

Die arbeitende Schraube versetzt das Wasser in eine nach hinten vom Schiffe ab fortschreitende und zweitens in eine drehende Bewegung. Dieser um seine Achse drehende Wasserzylinder wird durch das eine Steuer, das genau in der Verlängerung der Schraubenachse sitzt, geteilt und es findet durch den Anprall der drehenden Bewegung an den Flächen des Steuers eine Ablenkung des Wasserstrahls schräg nach unten statt (Abb. 48). Bei der Anordnung mit 2 Steuern liegen diese am Rande des Umdrehungszylinders, und wenn noch eine Ablenkung nach der Sohle hin erfolgt, so kann angenommen werden, daß diese eine weniger starke ist.

Eine Besichtigung in der genannten Anstalt ließ bei den Modellversuchen mit einem Dampfer mit zwei Steuern erkennen, daß hier nur eine geringe Einwirkung auf die Kanalsohle festgestellt war, gegenüber einem starken Angriff bei Vorhandensein nur eines Steuers unter sonst gleichen Umständen.

[1]) Zentralbl. d. Bauverw. 1911 S. 529 und Mitteilungen über Forschungsarbeiten des Vereins deutscher Ingenieure Heft 107.

Bei der großen Bedeutung, die diese Frage für den zukünftigen Betrieb auf dem Großschiffahrtweg Berlin—Stettin hat, schien es zweckmäßig, wenn möglich unter den wirklichen Größen- und Bodenverhältnissen diese Modellergebnisse nachzuprüfen. Ein Schraubendampfer mit 2 Steuern konnte naturgemäß nicht sofort beschafft werden. Aber die Anordnung der zwei Steuer sollte, wie dargelegt, den Zweck haben, den Strudel hinter der Schraube in keiner Weise zu beeinflussen. Es konnte also dasselbe Ergebnis erwartet werden, wenn die Schraube des Dampfers *ohne jegliches Steuer* arbeitet. Es wurde demgemäß, nachdem ein Versuch in gewöhnlicher Weise *mit* Steuer stattgefunden hatte, das Steuer des Dampfers auf einer Schiffswerft ausgehoben und der Dampfer nach der Versuchsstrecke im Durchstich bei Saatwinkel geschleppt und dort in der Kanalmitte an anderer Stelle verankert und ohne Steuer erprobt.

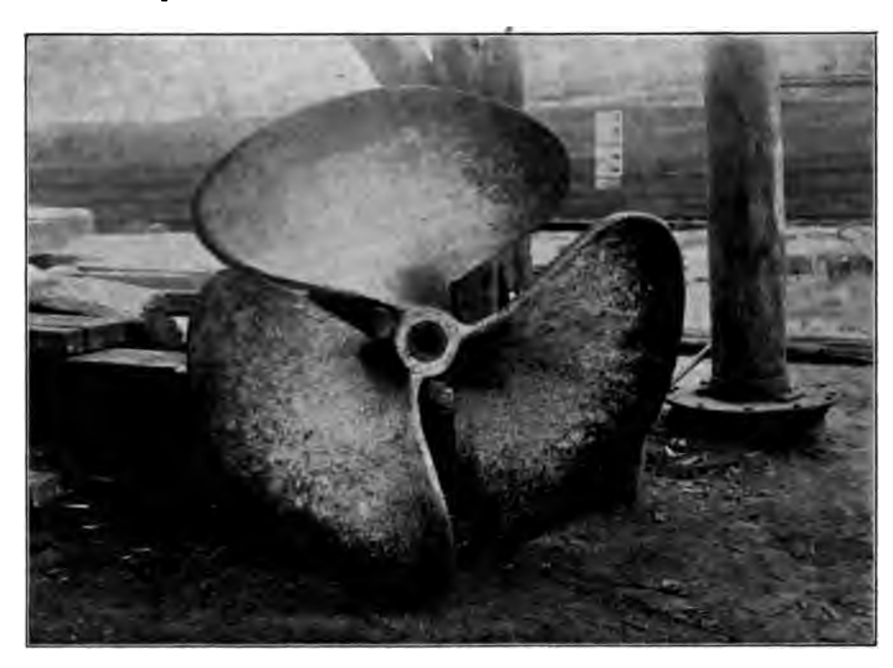


Abb. 49. Breitflüglige Schraube.



Abb. 50. Dampfer »Friedefürst« mit breitflügliger Schraube.

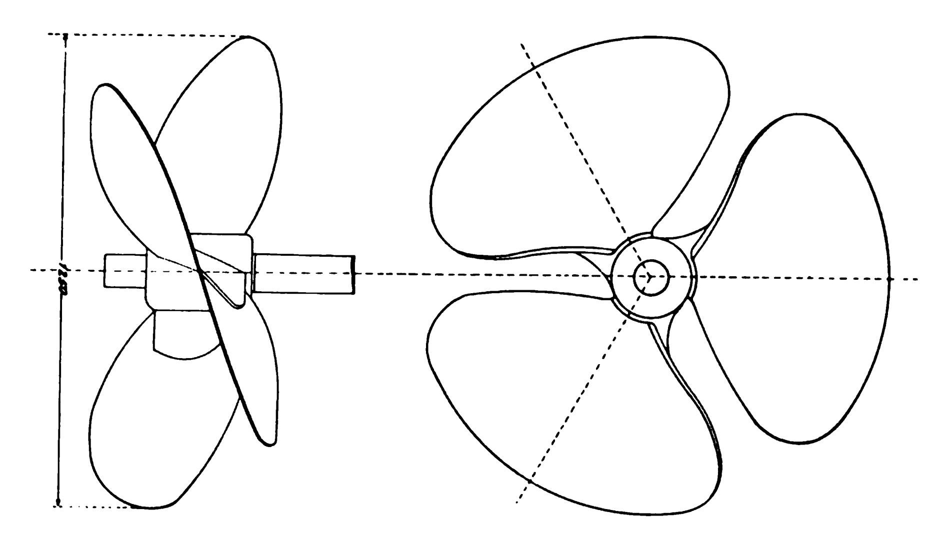


Abb. 53. Breitflüglige Schraube für einen 100 PS starken Schleppdampfer. 1 : 20.

Im einzelnen sind die Versuche im Abschnitt IV, 2 beschrieben.

Aber es galt, neben der Einwirkung des Steuers tunlichst auch den Einfluß der Schraubenform zu verfolgen, da verschiedene Beobachtungen während der Versuche es hatten wünschenswert erscheinen lassen, auch hierüber einige Kenntnis durch die Versuche unter wirklichen Größenverhältnissen der verwendeten Schiffskörper zu gewinnen. Es wurden einige Dampfer angemietet, um aus stets anderen Formen der Schraube geeignete Mittelwerte zu finden. Die Besichtigung eines größeren Berliner Lagers von Schiffsschrauben ergab, daß die in den Märkischen Wasserstraßen fahrenden Dampfer vor allem zwei Schraubenformen aufweisen.

Die breitflüglige Schraube, die dreiflüglig gebaut wird. Einen solchen Typus stellen die Abb. 49, 50 und 53 dar. Sie ist nach den Angaben aus Schiffahrtkreisen in überwiegender Zahl im Gebrauch. Die Schrauben werden auf den verschiedensten Werften gebaut und weisen daher

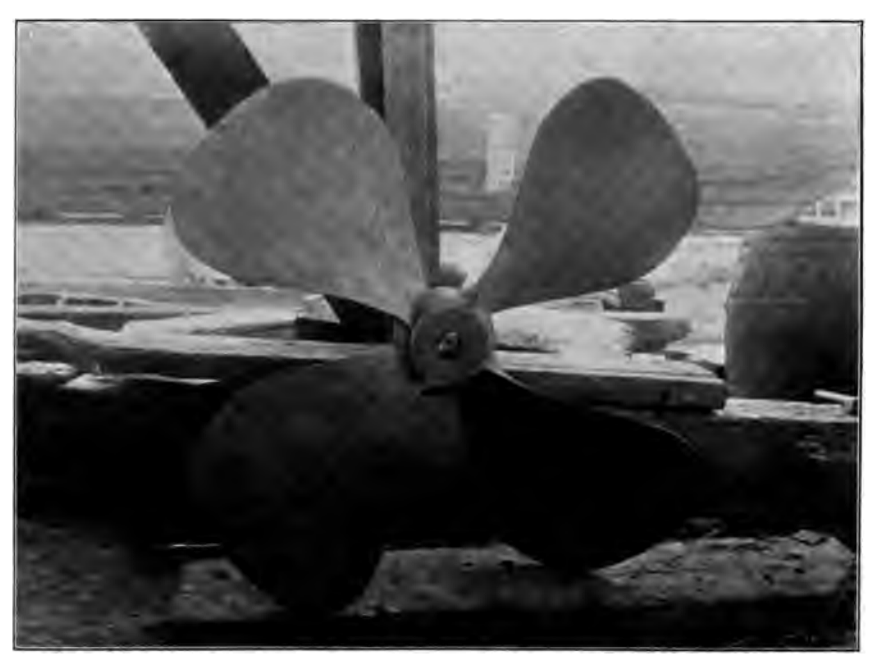


Abb. 51. Langflüglige Schraube.



Abb. 52. Dampfer »Friedefürst« mit langflügliger Schraube.

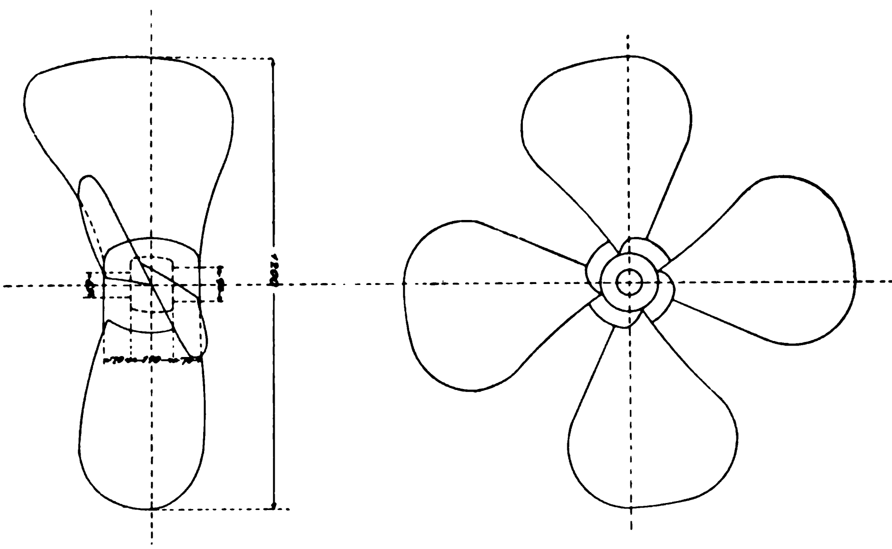
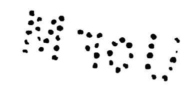


Abb. 54. Langflüglige Schraube für einen 100 PS starken Schleppdampfer. 1 : 20.

hinsichtlich der Steigung wie auch in den Formen der Schraubenblätter mancherlei Abweichungen von einander auf. Die Schraube hat breite Flügel, so daß das Maß des Schraubenblattes in dem äußeren Kreisumfange gemessen größer ist als das radiale Maß. Ihre Leistungsfähigkeit wird allgemein anerkannt.

Eine andere Form hat die langflüglige Schraube, Abb. 51, 52 und 54. Sie hat lang auslaufende Flügel, deren radiales Maß größer ist als die am äußeren Kreisumfange gemessene Länge des Schraubenblattes. Sie hat meist vier Flügel. Man unterscheidet die veraltete Hamburger Form, deren Flügel an der Peripherie spitz auslaufen, und die neuere Form mit mehr breit auslaufenden Flügelenden. Auch diese Schraube wird im einzelnen verschieden in der Ganghöhe und Blattform hergestellt. Man findet diese Form viel bei Personendampfern, weniger bei den Schleppdampfern der Märkischen Wasserstraßen.



Zur weiteren Vervollständigung wurden diese Versuche auch auf die Wirkung der Doppelschraubendampfer, und zwar Schlepp- und Frachtdampfer und eines Thornycroftheckdampfers (Tunnelheckdampfers) ausgedehnt.

b) Doppelschraubendampfer.

Die Doppelschraubendampfer sind teurer in den Anschaffungskosten als die Einschrauber und zeigen im Verhältnis einen stärkeren Kohlenverbrauch. Die Bedienungskosten sind höher und die Ausbesserungen sind zahlreicher, da zwei Maschinen zu unterhalten sind. Die Doppelschrauber sind daher als Schleppdampfer wenig im Gebrauch. Es sind in den Märkischen Wasserstraßen nur wenige Dampfer dieser Art im Betriebe, und zwar, wie es scheint, sind diese älterer Bauart. Als Frachtdampfer sind sie mehr im Gebrauch, z. B. bei dem Berliner Lloyd für die Frachtfahrten Berlin—Hamburg.

Zur Umdrehungsrichtung der Schrauben sei bemerkt, daß bei allen zu den Versuchen herangezogenen Dampfern die beiden Schrauben zueinander drehen. Die Drehung nach außen findet sich sehr selten. Von den 26 Doppelschraubern des Berliner Lloyd sind 24 so gebaut, daß die Schrauben gegeneinander arbeiten. Der Vorteil dieser Bauart besteht darin, daß der Maschinist in diesem Falle die beiden Maschinen allein bedienen kann, indem er zwischen beiden steht. Das zu erreichen würde sich bei nach außen drehender Schraube konstruktiv schwieriger gestalten. Dadurch wird das Schiff besser manöverierfähig, auch soll die Schraubenwirkung bei Innendrehung eine bessere sein. Die bessere Manöverierfähigkeit der Doppelschrauber dürfte wohl auch der Grund sein, daß dieses System bei einzelfahrenden Frachtdampfern mehr in Gebrauch ist als bei den Schleppern.

Auf den Strömen wird das Zweischraubensystem gewählt, um auch bei niedrigen Wasserständen eine große Leistung und Fahrgeschwindigkeit zu erzielen. Der Schraubendurchmesser würde beim Einschrauber so groß werden, daß die Schraube aus dem Wasser hervorragt. Das wird bei Doppelschrauben vermieden. Auch die Manöverierfähigkeit der Doppelschrauber, die immer eine bessere als die der Einschrauber ist, so daß sie bis zu einem gewissen Grade ohne Steuer lenkbar sind, bleibt selbst bei niedrigem Wasser eine gute.

c) Thornycroftheck-(Tunnelschrauben-)Dampfer.

Die Thornycroftheckdampfer werden als Ein- und Zweischraubendampfer bis zu einer Leistung von 600 PS gebaut. Das Heck ist fest oder verstellbar. Vorzug dieser Dampfer ist ihre flache Lage im Wasser. Es ist z. B. bei einem Doppelschrauber dieses Systems von 80 PSi der Tiefgang etwa 0,65 bis 0,80 m; die beiden Schrauben würden Durchmesser von je 0,85 bis 0,9 m erhalten; bei einem Einschrauben-Schleppdampfer dieser Art würde bei 80 PSi der Tiefgang etwa 0,80 bis 1,00 m und der Schraubendurchmesser 1,05 m betragen. Gewöhnliche Einschraubendampfer von dieser Stärke haben einen Tiefgang von etwa 1,35 bis 1,40 m. Der bei dem Versuch verwandte Dampfer Klara (Einschrauber) hatte bei 240 PSi normaler Leistung einen Tiefgang von 1,15 m und eine Schraube von 1,48 m Durchmesser.

Das Bestreben, die Schraube möglichst von der Sohle zu entfernen, hat zu der Ausbildung dieses Systems geführt. Bei dem Dampfer »Klara« liegt die Schraubenwelle rund 0,46 m unter Wasserspiegel. Da die Schraube 1,48 m Durchmesser hat, würden die Schrauben normal (im Ruhezustand) um 28 cm aus dem Wasser herausragen und mit ungünstigem Wirkungsgrad arbeiten. In der Tunnelüberdeckung, Abb. 55, wird das Wasser angesaugt, so daß die Schraube trotz ihrer hohen Lage im vollen Wasser arbeitet. Der Dampfer wurde zu Schlepp- und Schraubenversuchen verwandt.

Die Thornycroftheckdampfer mit festem Heck kommen in erster Linie in Betracht als Schleppdampfer. Sie können hier auf stets gleichen Tiefgang eingestellt werden, so daß die Wirkung der Schraube im Tunnel eine günstige ist. Dies kann aber nicht geschehen bei den einzelfahrenden Frachtdampfern. Hier hängt der Tiefgang von der Menge der Nutzlast ab, und diese läßt sich im Schiffsbetriebe nicht immer auf das gleiche Maß halten.

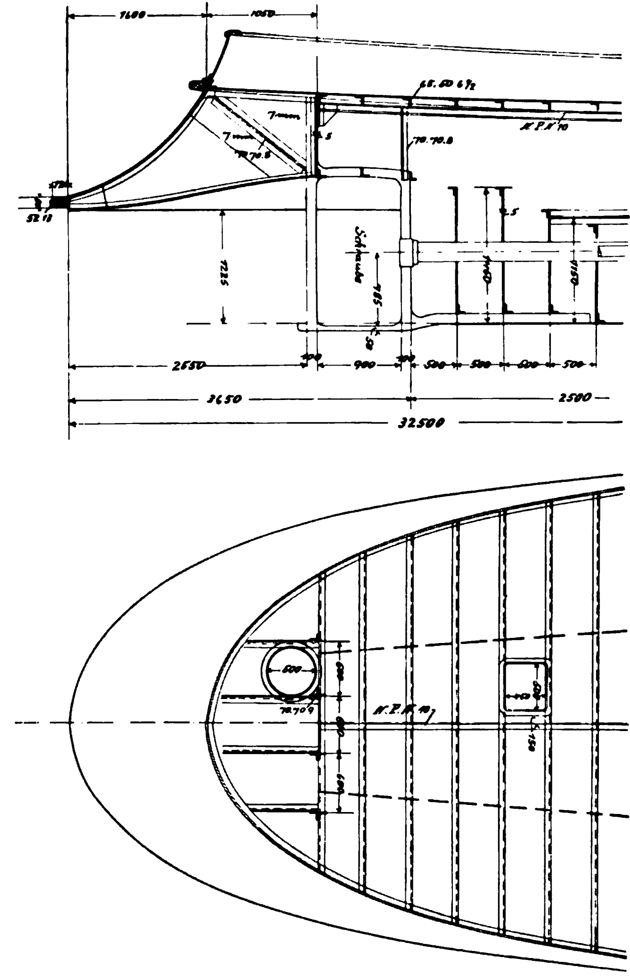


Abb. 55. Heck des Dampfers »Klara«. 1:80.

d) Raddampfer.

Raddampfer werden als Ladungsdampfer wenig benutzt, weil Maschinen und Kesselraum ungünstig auf die Ladungsfähigkeit einwirken. Der Wirkungsgrad des Rades ist übrigens bei den verschiedenen Tauchtiefen sehr verschieden. Diese Umstände fallen allerdings beim Schleppdampfer weniger ins Gewicht, wesentlich aber bei Ladungsdampfern, die bald mehr, bald weniger tief gehen. Bei Eiszeiten führt die Schraube weniger zu Beschädigungen wie das Rad.

2. Einzelbeschreibung der Schraubenversuche.

a) Gewöhnliche Einschraubendampfer.

Dampfer »Glückauf«. Der fiskalische Bereisungsdampfer »Glückauf« war erst in der Kanalmitte bei 3,15 m bis 3,20 m Wassertiefe, später in der Nähe des westlichen Ufers, etwa 6 bis 8 m seitlich der Kanalachse bei einer Wassertiefe von 2,60 m verankert. Die Schraube arbeitete auf jeder der beiden Versuchsstellen mit einer Gesamtdauer von $1^1/_2$ Stunden. Sie ist vierflüglig, ähnelt der langflügligen Form und hat 1,20 m Durchmesser. Die Flügel laufen etwas spitz aus[1]).

In der Kanalmitte betrug die Austiefung der Sohle im allgemeinen 10 cm, an einer Stelle 26 cm. In der Lage nächst dem Ufer war die Austiefung etwa 10 bis 12 cm (Abb. 56).

[1]) Für die Beurteilung der Maschinenstärken vgl. die Abbildung 13, S. 10.

Dampfer »Glückauf«, Einschraubendampfer.

Länge 19,2 m, Breite 3,85 m, Tiefgang 1,20 m.
Schraubenform: Langflüglige Schraube 4 Flügel, Durchm. 1,20 m.
Stärke in PSi: 126.
Zugkraft während des Versuchs: 925 kg.

Zahl der Umdrehungen in der Minute: etwa 200.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung Stellung I 0,10 m.
» » » II 0,10 m.

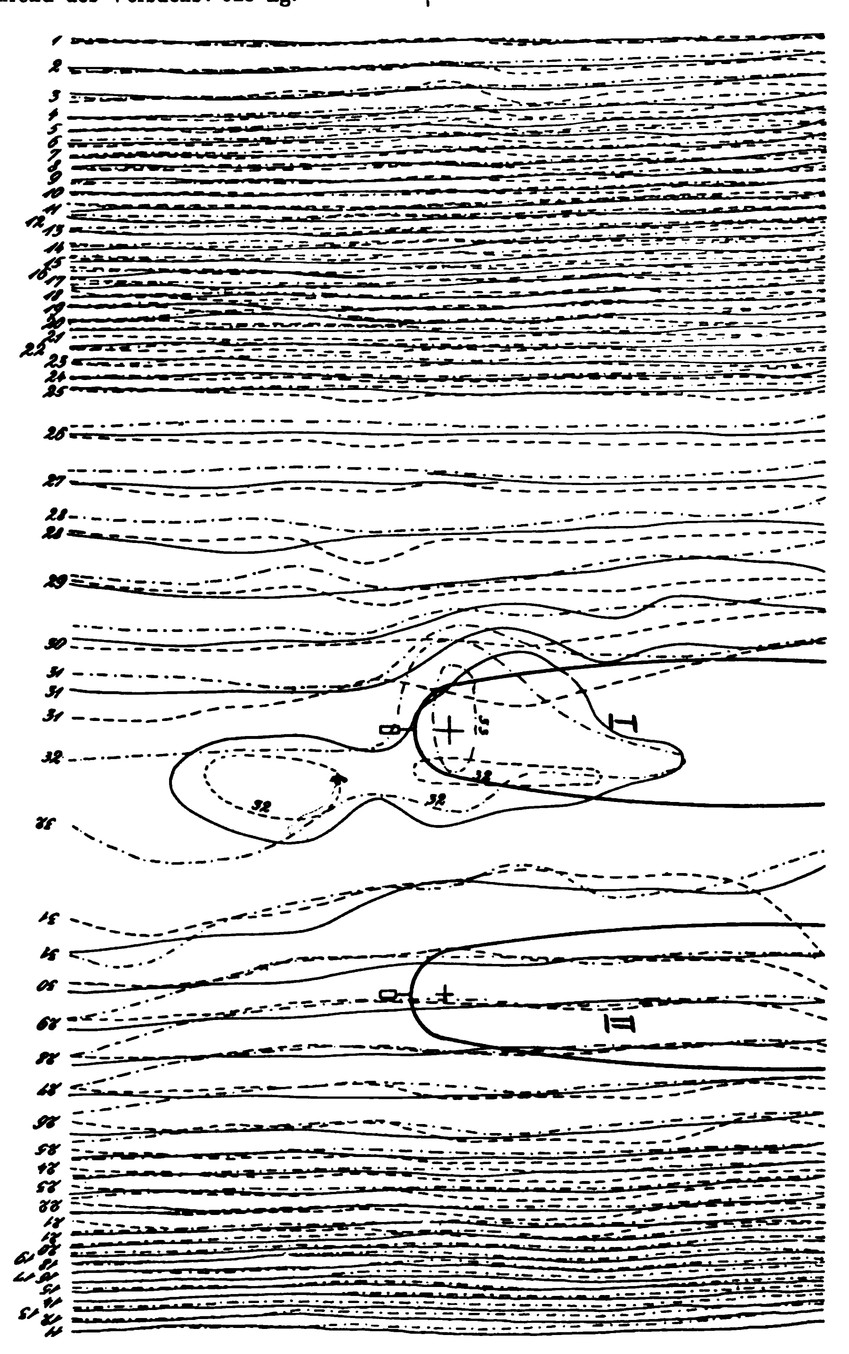


Abb. 56. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - vor dem Versuch.
· - · - · - · - nach dem ersten Versuch (Dampfer in Kanalmitte liegend).
———— nach dem zweiten Versuch (Dampfer 7,0 m seitlich Kanalachse liegend).

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,58 N. N.

Dampfer »Friedefürst«, Einschraubendampfer.

Länge 19,5 m, Breite 4,30 m, Tiefgang 1,27 m.
Schraubenform: Breitflüglige Schraube, 3 Flügel, Durchm. 1,20 m.
Stärke in PSi: 85.
Zugkraft während des Versuchs: 1200 kg.

Zahl der Umdrehungen in der Minute: rd. 200.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung Stellung I 0,40 m.
» » » II 0,80 m.

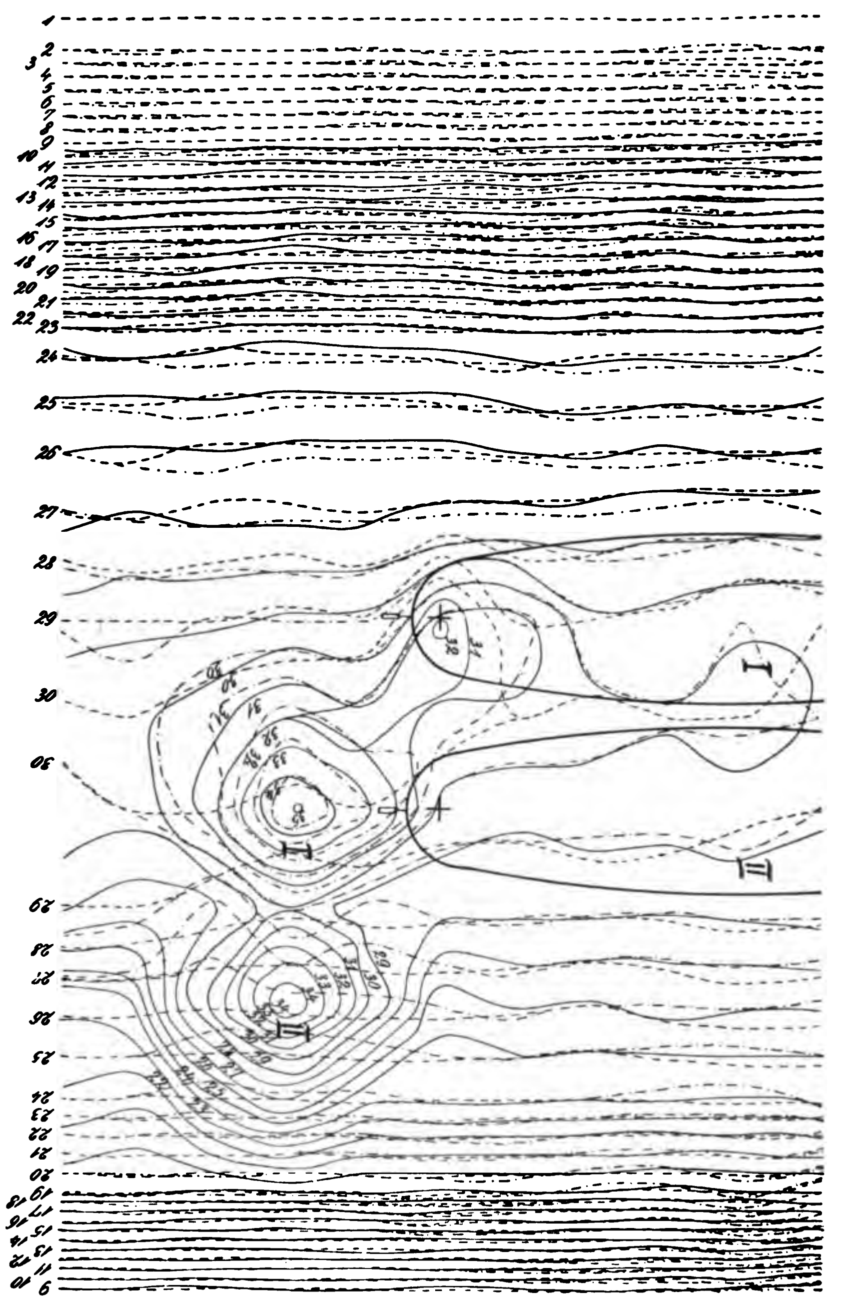


Abb. 57. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - vor dem Versuch.
- · - · - · - · - nach dem ersten Versuch (Dampfer in Kanalmitte liegend).
———————— nach dem zweiten Versuch (Dampfer 5,0 m seitlich Kanalachse liegend).

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,40 N. N.

Dampfer »Friedefürst«. »Friedefürst« ist der gleiche Dampfer, der auch bei den Wernsdorfer Versuchen im Oder-Spreekanal Verwendung gefunden hatte. Dieser Dampfer hat eine breitflüglige Schraube, deren Durchmesser 1,23 m ist. Der Dampfer wurde zunächst in der Kanalmitte, Lage I, und später in der Nähe des Ufers, etwa 5 m außerhalb der Achse, Lage II, festgelegt. Die Zugkraft betrug etwa 1200 kg. Die größte Austiefung befindet sich (in Fahrtrichtung gesehen) nicht hinter dem Dampfer. Der Strudel der Schraube hat seine stärkste Wirkung hier und bei den folgenden Versuchen in diagonaler Richtung geäußert. Die größte Austiefung von 40 cm bei der ersten Lage des Dampfers in der Kanalmitte befand sich in schräger Richtung 4 m hinter der Schraube. Siehe Abb. 57. Die ursprüngliche Wassertiefe war hier 3,0 m, die spätere 3,4 m. Im übrigen zeigte die Mulde eine flache Ansteigung nach links, ein starkes Steigen nach rechts (in der Fahrtrichtung).

Bei der Lage des Dampfers nächst dem Ufer befand sich die größte Austiefung an entsprechender Stelle wie im ersten Versuch. Die ursprüngliche Wassertiefe war 2,60 m, die spätere (nach 2 Stunden Schraubenarbeit) 3,4 m. Die Austiefung beträgt also 80 cm.

Bemerkenswert ist, daß bei dem ersten Versuch die größte Austiefung — wie die während des Versuchs in kurzen Pausen nach je $^1/_2$ Stunde vorgenommenen Peilungen ergaben — fast in der ersten halben Stunde erreicht wurde und dann ein annähernder Beharrungszustand eintrat. Auch bei dem zweiten Versuch war nach einer Stunde eine gewisse Beharrung vorhanden. In beiden Versuchen hatte sich die Wirkung der Schrauben bis auf ein mittleres Maß von 3,40 m unter Wasserspiegel ausgedehnt. An den Ufern bildete sich dabei ein kaum bemerkbarer Wellenschlag.

Dampfer »Helgoland«. Die Schraube ist eine langflüglige Schraube mit 4 Blättern und dreht rechts (in Fahrtrichtung gesehen). Der Dampfer wurde in der Kanalmitte verankert. Zur Messung des Zuges im Schleppseil war ein Dynamometer eingeschaltet, das gleiche wie bei den Wernsdorfer Versuchen. In der ersten halben Stunde wurde eine Zugkraft im Seile von 1050 bis 1175, im Mittel 1150 kg gemessen. Der Dampfer war hierbei sehr stark belastet, so daß während der folgenden Versuche die Zugkraft auf 970 bis 1000 kg ermäßigt wurde. Nach je einer halben Stunde Schraubenarbeit wurde eine kurze Pause gemacht. Während der Ruhe war eine Zugkraft von etwa 100 kg vorhanden. Die Gesamtdauer des Versuchs betrug zwei Stunden.

Einige Peilungen in weiterer Entfernung hinter dem Dampfer zeigten kleine Aufhöhungen, die durch die Ablagerung des ausgespülten Sandes entstanden waren. Im übrigen haben sich diese Ablagerungen über eine größere Fläche nach beiden Seiten ausgebreitet und weisen eine geminderte Höhe gegenüber den Ausspülungstiefen auf. Das Wasser war nach vorne etwa bis zur halben Dampferlänge bei der Schraubenarbeit trübe. Die Trübheit rührte von dem aufgewirbelten feinen Sande her. Eine Wasserprobe wurde geschöpft und ergab in einem $^3/_{10}$ l-Glase eine Sandablagerung von etwa $^1/_2$ bis 1 mm Stärke.

Die Wirkung der Schraube muß als sehr ungünstig bezeichnet werden. Die durch die Drehung der Schraube hervorgerufenen Wirbelbewegungen des Wassers haben sich bis auf eine Tiefe von 4,60 m unter Wasserspiegel bemerkbar gemacht und eine Austiefung unter Kanalsohle von 1,60 m ausgeübt.

Dampfer »Helgoland« ohne Steuer arbeitend (Abb. 58, S. 53). Im allgemeinen zeigte die sprudelnde Bewegung des Wassers hinter der Schraube — soweit dies an der Oberfläche beobachtet werden konnte — eine Ablenkung bald nach rechts, bald nach links. Nur in den Übergängen war die Abströmung auf kurze Zeiten geradeaus in der Achse des Schiffes gerichtet.

Die Ergebnisse bestätigen im ganzen die Modellversuche der Versuchsanstalt. Die größte Austiefung ist links entstanden, hat aber nur 20 cm nach zweistündiger Schraubenarbeit betragen. Die Wirkung der Schraube hat bis auf 3,20 m unter Wasserspiegel gereicht.

Schleppdampfer »Friedrich Wilhelm« (Abb. 22, S. 17, 59 und 60, S. 54 und 55). Der Dampfer hat eine breitflüglige Schraube. Ihr Durchmesser ist 1,23 m. Sie dreht rechts. Während des Versuchs wurde die Zugkraft des Dampfers auf 1200 kg bemessen. Jedoch pendelte die Zugkraft in engen Grenzen um dieses Maß. Die Zahl der Umdrehungen betrug hierbei 200 in der

Minute. Während der Versuchspausen war im Dynamometer eine Spannung von 100 bis 130 kg vorhanden; die Schraube arbeitete dann nur wenig. Das Steuer war geradeaus gerichtet und wurde festgelegt, damit es dauernd diese Lage behielt.

Der Dampfer arbeitete zunächst mit Steuer, dann wurde das Schiff nach der Werft gebracht, dort das Steuer entfernt und nun der Versuch ohne Steuer, aber unter sonst gleichen Umständen wiederholt. Gesamtdauer des jedesmaligen Versuchs zwei Stunden. Es entstand eine größte Austiefung von 1,40 m mit Steuer und 0,10 m ohne Steuer.

Dampfer »Gustchen« (Abb. 61 und 62, S. 56 und 57). Dieser Dampfer hat eine vierflüglige bronzene Schraube nach dem langflügligen System. Ihr Durchmesser ist 1,35 m. Die Fläche des Steuers (Steuerdiele) ist 1,25 qm groß. Tiefgang des Dampfers 1,36 m. Die Umdrehungszahl der Schraube war 210 bis 220 in der Minute. Die Schraube dreht rechts. Während des Versuchs übte der Dampfer eine Zugkraft von 1200 kg aus, und die unvermeidlichen Schwankungen hielten sich in engen Grenzen. Es kann also angenommen werden, daß der Dampfer eine Leistung von etwa 65 bis 70 PSi hatte. Während der Ruhe waren etwa 150 kg Zug vorhanden. Das Steuer lag geradeaus und war in dieser Lage festgelegt. Der Dampfer arbeitete wie im vorigen Falle zunächst mit und später ohne Steuer. Wegen der eigenartigen Ergebnisse wurde dieser Versuch jedesmal auf $2^1/_2$ bzw. 3 Stunden ausgedehnt.

Bemerkenswert an diesem Versuch ist, daß die Austiefung, als der Dampfer mit Steuer arbeitete, nicht hinter der Schraube sich bildete, sondern neben und vor der Schraube entstanden ist. Es sei dahingestellt, ob hier eine saugende Wirkung der Schraube vorliegt oder ob ihre Form es bedingt, daß eine Ablenkung der Strömung senkrecht in den Grund erfolgt ist. Weiterhin ist auffallend, daß diese eigenartige Wirkung auch in die Erscheinung trat, als der Dampfer ohne Steuer arbeitete. Es war unter dem Dampfer eine Vertiefung bis 60 cm eingetreten. Das Fehlen des Steuers hat hier also eine Ausspülung der Sohle nicht zu verhindern vermocht, wenn zwar diese Wirkung an anderer Stelle als bei den übrigen Dampfern bemerkbar geworden ist. Man wird also unterscheiden müssen zwischen dem Fall, daß eine mehr saugende Wirkung der Schraube vorhanden ist und dem anderen Fall, in dem eine nach hinten stoßende Wirbelung erzeugt wird, ungeachtet, ob dieser verschiedene Einfluß ausgeht von der Form der Schraube oder des Heckes des Dampfers. Jedenfalls wird dieser Umstand für den praktischen Schiffahrtsbetrieb mitsprechen.

Bei den bisherigen Versuchen war im allgemeinen eine Zugkraft von 1200 kg entwickelt worden, um die Schraubenwirkung bei der Leistung zu erproben, die notwendig ist, um drei voll beladene Anhängerschiffe von 600 t Ladefähigkeit mit 3,5 km Stundengeschwindigkeit zu schleppen. Es schien von Interesse, auch die Wirkung der Schraube auf die Kanalsohle festzustellen bei einem Zug von 950 kg. Mit diesem Zug in der Schlepptrosse können drei beladene Anhängerschiffe mit 3 km Stundengeschwindigkeit bzw. 2 Anhänger mit 3,5 km Stundengeschwindigkeit fortbewegt werden. Es wurden zu diesem Zweck zwei schwächere Dampfer »Elfriede« und »Alfred« angemietet und mit ihnen Versuche ausgeführt.

Versuche mit Dampfer »Elfriede« (Abb. 63, S. 58). Dieser Dampfer hat einen Tiefgang von 1,40 m. Er entwickelte bei Vollbelastung eine Zugkraft von 800 bis 850 kg. Nur vorübergehend konnte die Zugkraft etwas über dieses Maß gesteigert werden. Die Schraube ist vierflüglig, rechtsdrehend und im Jahre 1908 eingesetzt, während der Dampfer in den Jahren 1886/87 erbaut ist. Die Umdrehungszahl betrug 170 bis 180 in der Minute. Das Steuer war während der Arbeit gradeaus gerichtet. Der Versuch fand im übrigen unter den gleichen Bedingungen und Untergrundverhältnissen wie immer statt. Die Schraube arbeitete im ganzen 2 Stunden. Die Fläche des Steuers war rund 1,20 qm groß. Es ist eine starke Sohlenaustiefung bis 1,60 m eingetreten.

Versuch mit Dampfer »Alfred« (Abb. 64, S. 59). Der Dampfer hat eine dreiflüglige breite Schraube von 1,15 m Durchmesser. Bei voller Arbeit wurde eine Zugkraft von 950 kg, gleichmäßig bleibend, entwickelt. Die Umdrehungszahl betrug 180 bis 190 in der Minute. Die Schraube drehte rechts. Der Versuch fand unter den gleichen Bodenverhältnissen wie sonst statt. Der Dampfer arbeitete im ganzen 2 Stunden. Das Steuer war gradeaus gerichtet. Die größte Austiefung beträgt 0,45 m.

Dampfer »Helgoland«, Einschraubendampfer.

Länge 18,23 m, Breite 4,3 m, Tiefgang 1,34 m.
Schraubenform: Langflüglige Schraube, 4 Flügel, Durchmesser 1,10 m.
Stärke in PSi: 90.

Zugkraft während des Versuchs: 1000 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: etwa 180–200.
Ohne Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,20 m.

Bemerkung: Derselbe Dampfer mit Steuer unter sonst gleichen Bedingungen, nur mit 1000—1100 kg Zugkraft arbeitend, führte eine Austiefung von 1,60 m herbei.

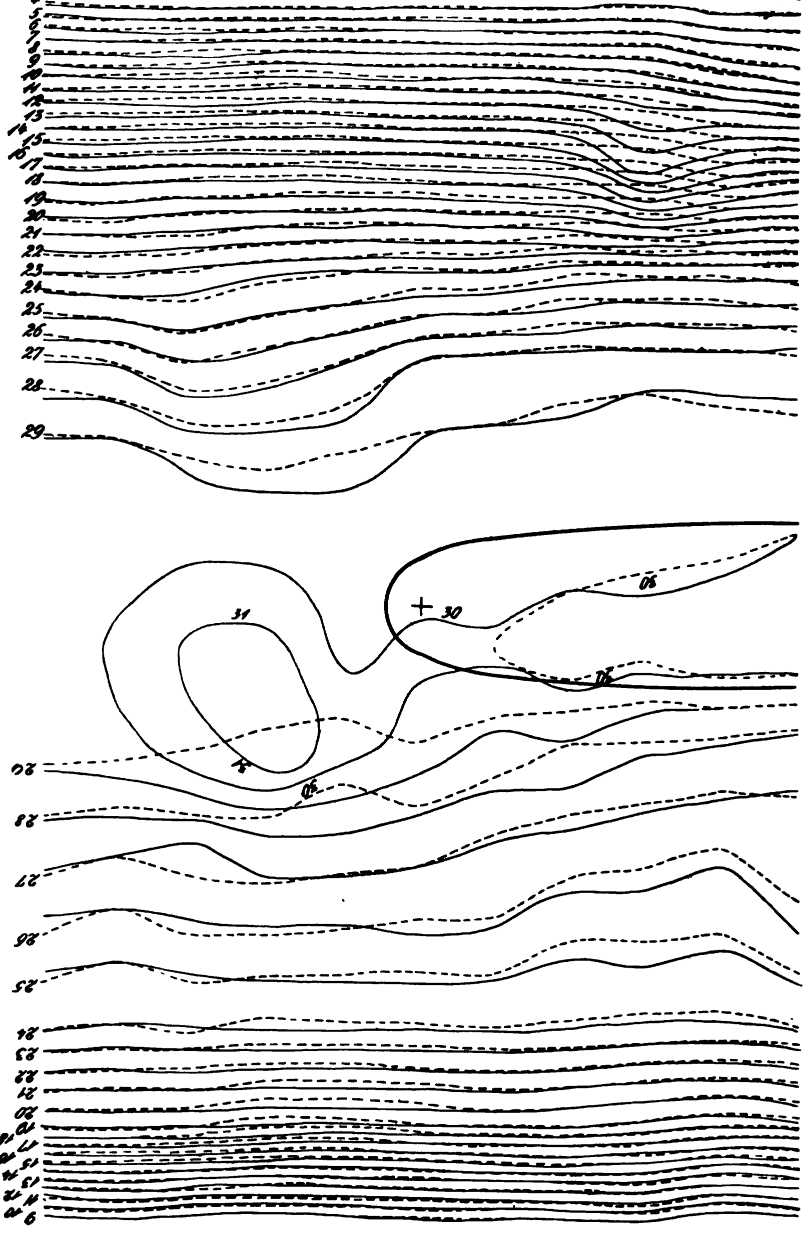


Abb. 58. Maßstab 1:200.

---------- vor dem Versuch. ———— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,32 N. N.

Dampfer »Friedrich Wilhelm«, Einschraubendampfer.

Länge 18,55 m, Breite 3,87 m, Tiefgang 1,28 m.
Schraubenform: Breitflüglige Schraube, 3 Flügel, Durchmesser 1,23 m.
Stärke in PSi: 110.

Zugkraft während des Versuchs: 1200 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: 200.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 1,40 m.

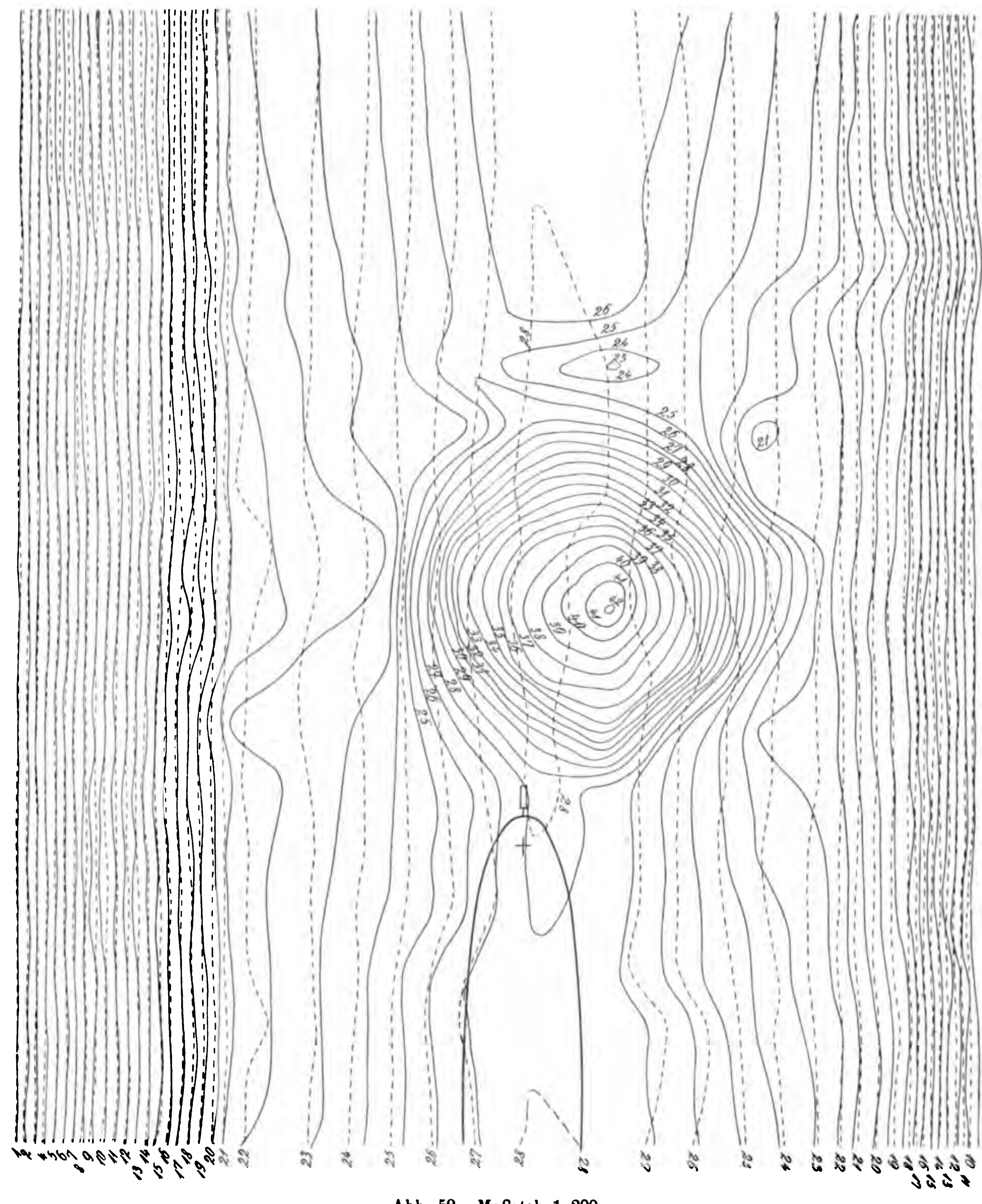


Abb. 59. Maßstab 1:200.

----------- vor dem Versuch. ———— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,18 N. N.

Dampfer »Friedrich Wilhelm«, Einschraubendampfer.

Länge 18,55 m, Breite 3,87 m, Tiefgang 1,28 m.
Schraubenform: Breitflüglige Schraube, 3 Flügel, Durchmesser 1,23 m.
Stärke in PSi: 110.

Zugkraft während des Versuchs: 1200 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: 200.
Ohne Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,10 m.

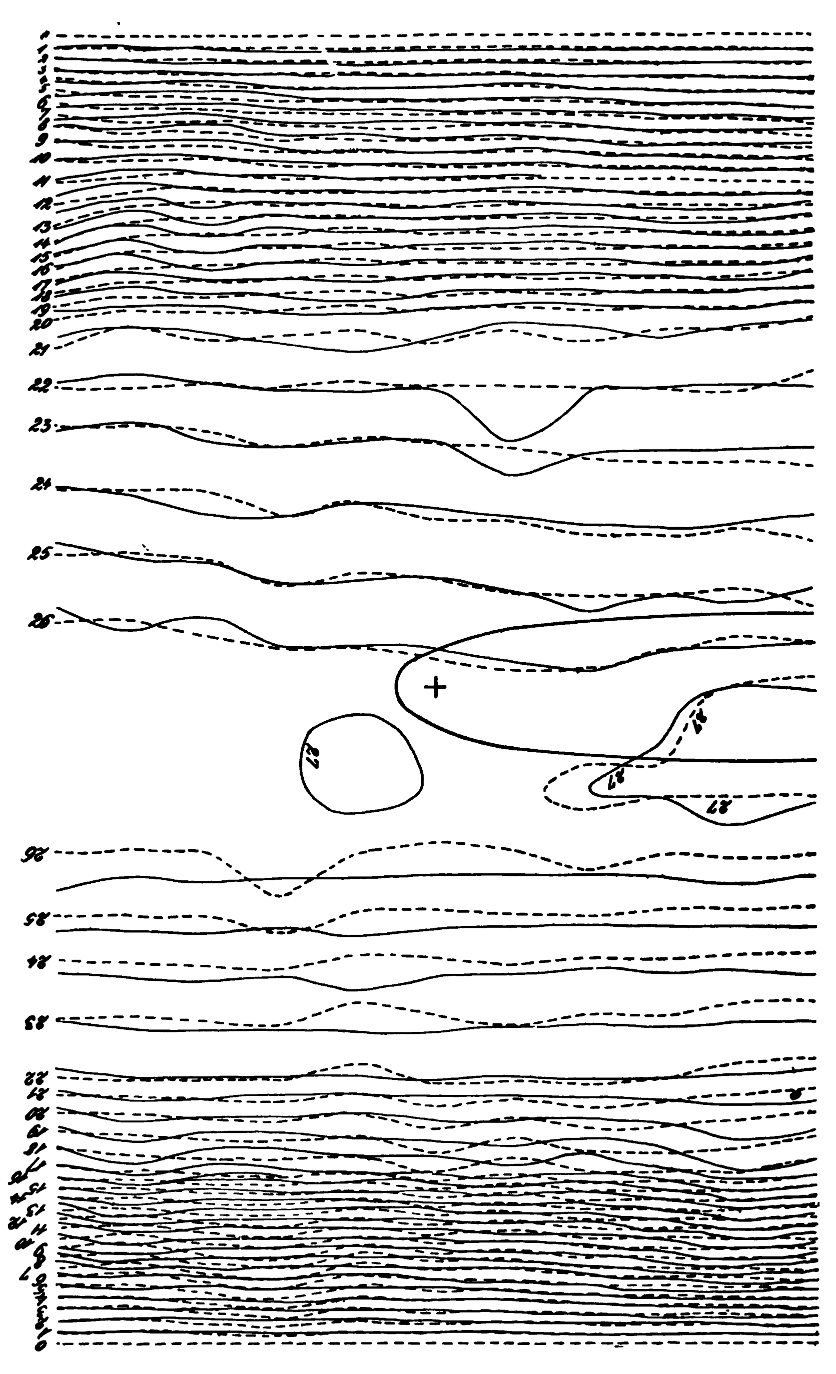


Abb. 60. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - - vor dem Versuch. ————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,14 N. N.

Dampfer »Gustchen«, Einschraubendampfer.

Länge 19,28 m, Breite 4,55 m.
Schraubenform: Langflüglige Schraube, 4 Flügel, Durchmesser 1,35 m.
Stärke in PSi: 120.

Zugkraft während des Versuchs: 1200 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: 210—220.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung: 0,30 m.

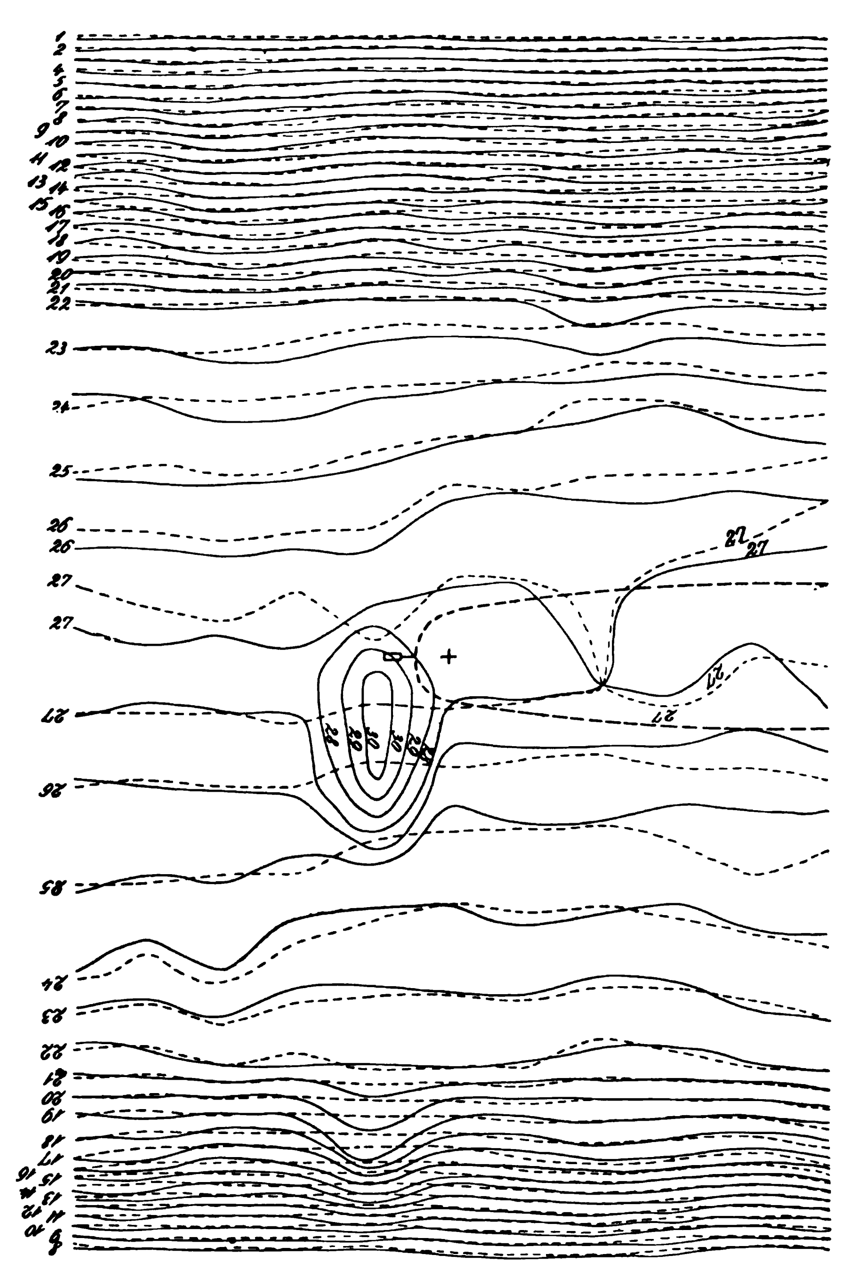


Abb. 61. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - - vor dem Versuch. ——————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,14 N. N.

Dampfer »Gustchen«, Einschraubendampfer.

Länge 19,70 m, Breite 4,55 m.
Schraubenform: Langflüglige Schraube, 4 Flügel, Durchmesser 1,35 m.
Stärke in PSi: 120.

Zugkraft während des Versuchs: 1200 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: 210—220.
Ohne Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,60 m.

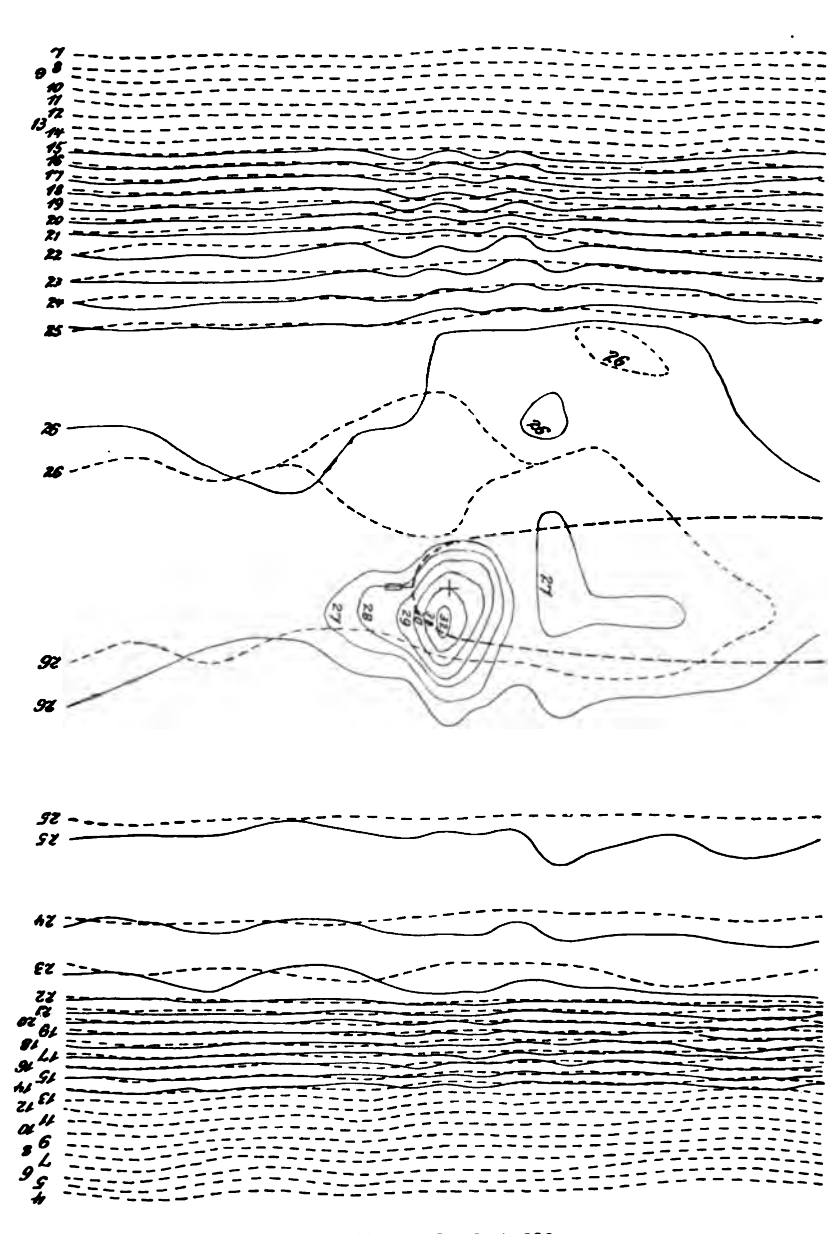


Abb. 62. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - - vor dem Versuch. ———————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,12 N. N.

Dampfer »Elfriede«, Einschraubendampfer.

Länge 14,5 m, Breite 3,12 m, Tiefgang 1,40 m.
Schraubenform: Langflüglige Schraube, 4 Flügel.
Stärke in PSi: etwa 70—80.
Zugkraft während des Versuchs: 800—850 kg.

Zahl der Umdrehungen in der Minute: 170—180.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 1,60 m.

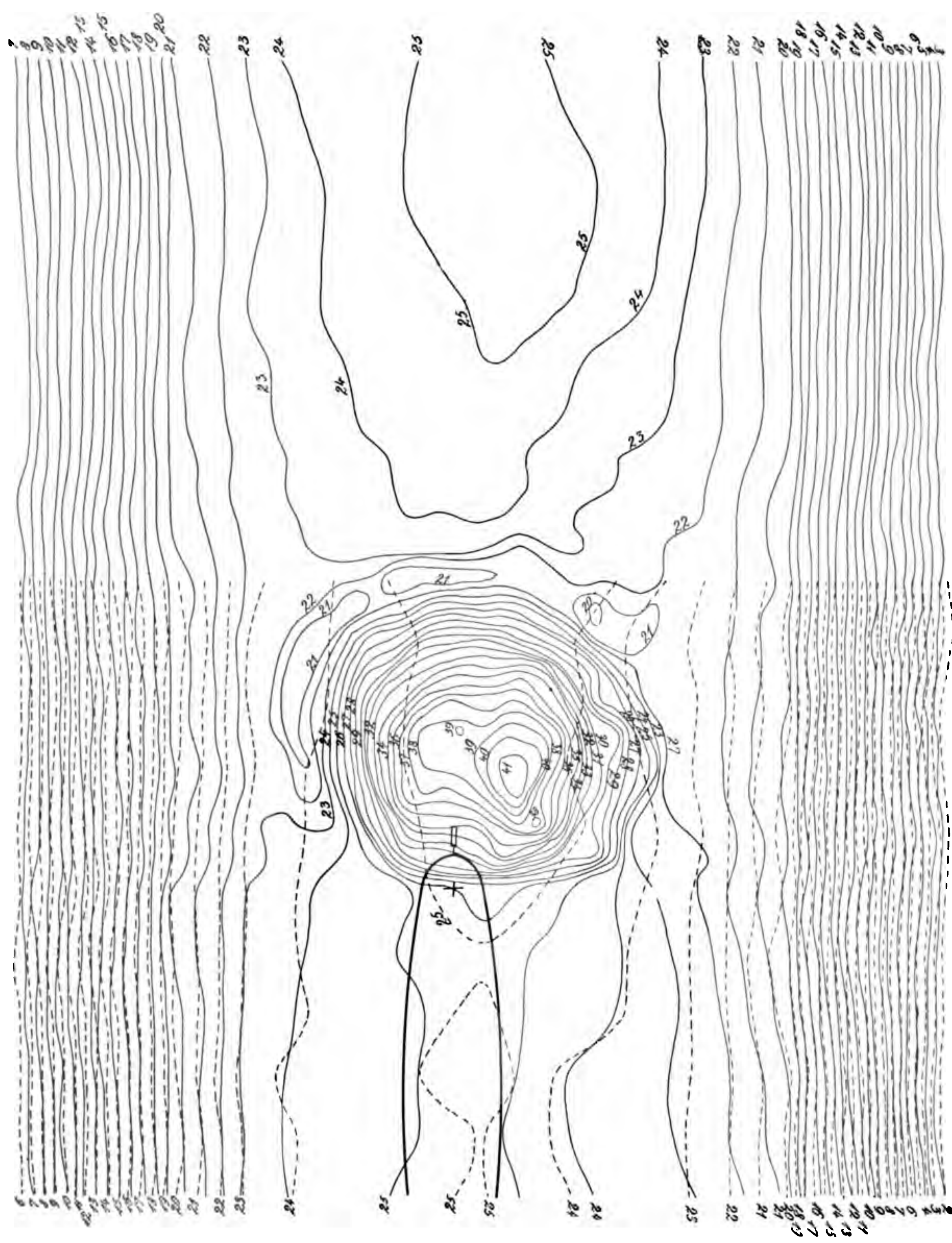


Abb. 63. Maßstab 1 : 200.

- - - - - - - - - vor dem Versuch. ———————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,04 N. N.

Dampfer »Alfred«, Einschraubendampfer.

Länge 16,53 m, Breite 3,84 m, Tiefgang 1,35 m.
Schraubenform: Breitflüglige Schraube, 3 Flügel, Durchmesser 1,15 m.
Stärke in PSi: 90.

Zugkraft während des Versuchs: 950 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: 180—190.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,45 m.

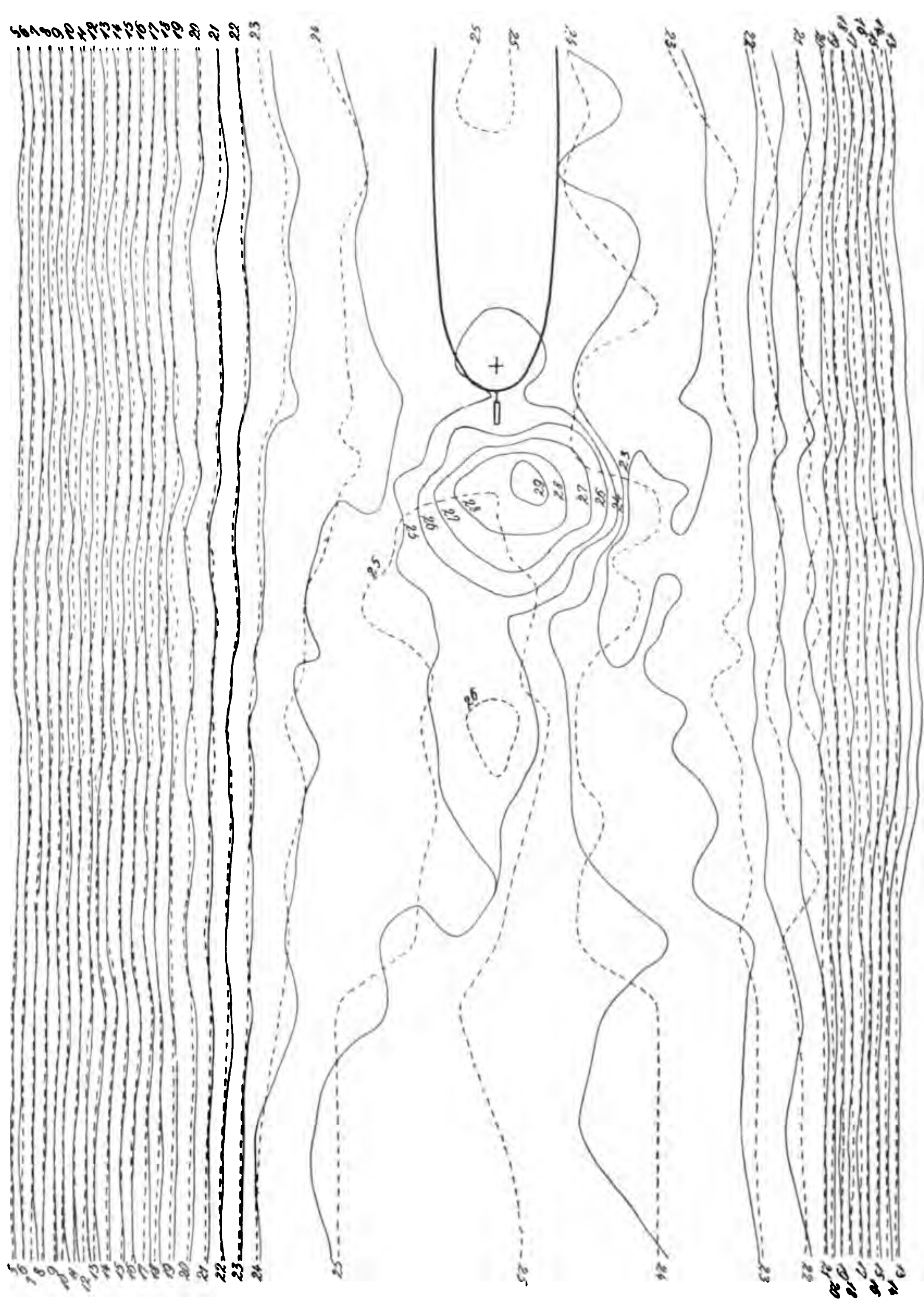


Abb. 64. Maßstab 1 : 200.

- - - - - - - - - vor dem Versuch. ———————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,06 N. N.

b) Doppelschraubendampfer.

Anläßlich der oben beschriebenen Schleppversuche im November und Dezember 1910, wurden die Schraubenversuche fortgesetzt und auch auf Doppelschraubendampfer und Thornycroftheck- (Tunnelschrauben-)Dampfer ausgedehnt. Die Verankerung geschah wie oben beschrieben; auch im übrigen vollzogen sich diese Versuche wie sonst, im besonderen währte die Schraubenarbeit zwei Stunden. Die Bodenart war die gleiche: feiner Sand.

Doppelschraubendampfer »Rhein«. Der Dampfer »Rhein«, dessen Einzelmaschinen je 75 PS leisten, hat somit eine Gesamtleistung von 150 PS. Die Schrauben sind nach den Schiffspapieren breitflüglig (3 Flügel) und drehen zueinander. Es wurden zwei Versuche ausgeführt. Der Dampfer übte jedesmal eine Zugkraft von 1200 bis 1250 kg aus, es entspricht dies nach der Indizierung einer Leistung von 80 PSi. Die Ergebnisse sind auf Abb. 65 und 66 (S. 61 und 62) ersichtlich. Die Wirkung der Schraube auf die Kanalsohle ist eine günstige. In einem Falle entstand gar keine Austiefung, im zweiten Versuch eine solche von 10 cm. Es darf bei Beurteilung dieses Ergebnisses allerdings nicht übersehen werden, daß der Dampfer nur mit etwa $^1/_2$ seiner Volleistung — 80 PSi gegenüber 150 PSi — in Anspruch genommen war, sowie daß die Zahl der Umdrehungen dementsprechend nur 125 bis 130 in der Minute betrug.

Doppelschraubendampfer »Anna«. Eine weitere Versuchsreihe wurde mit dem Dampfer »Anna« vorgenommen, dessen Gesamtleistung 80 PS beträgt. Die Schraube ist nach den Schiffspapieren breitflüglig, mit 3 Flügeln und 0,95 m Durchmesser. Die Schrauben drehten einander zu. Der Dampfer wurde bei den beiden ersten Versuchen in seiner vollen Stärke in Betrieb genommen und übte hierbei 950 bis 1000 kg Zug aus bei 210 Umdrehungen in der Minute. Die Wirkung war eine ungünstige. Es entstanden Austiefungen von 1,10 m und 1,40 m (Abb. 67 und 68, S. 63 und 64). Um zu erkennen, welche Wirkung sich einstellte bei verminderter Leistung, wurde der Dampfer bei einem dritten Versuch (Abb. 69, S. 65) eingestellt auf 450 bis 475 kg Zugkraft. Er arbeitete hierbei mit 130 Umdrehungen. Es entstand trotzdem noch eine Austiefung von 0,40 cm.

Dies auffallende Ergebnis beweist, daß auch Doppelschrauben eine bedeutende Einwirkung auf die Sohle ausüben können und eine Gegenüberstellung der Wirkung des Dampfers »Rhein« mit der des Dampfers »Anna« und der sonstigen Einschraubendampfer mit hoher Umdrehungszahl von 200 und darüber, deutet dahin, daß bei sonst gleicher Kraftleistung der Dampfer die Schraubenwirkung in Beziehung steht zur Umdrehungszahl. Die Austiefung ist um so größer, je höher die Umdrehungszahl. Diese Anschauung fand ihre weitere Bestätigung in den Versuchen mit dem Doppelschraubenfrachtdampfer »Göben« und dem Thornycroftheckdampfer »Klara«.

Frachtdampfer »Göben« (Abb. 70—72, S. 66—68). Dieser Dampfer hat eine größte Leistung von 150 PS, die normale Umdrehungszahl beträgt 180 in der Minute. Der Dampfer war bei den Versuchen mit 250 t Nutzlast beladen und hatte hierbei 1,56 m Tauchtiefe. Die Schrauben haben einen Durchmesser von 1300 mm und arbeiten einander zu.

Auffallend ist an den Versuchsergebnissen dieses Dampfers, daß bei einer Zugkraft von 1200 kg (65 PSi) eine größere Austiefung (60 cm) entstanden ist als bei den stärkeren Beanspruchungen von 1600 und 2100 kg (100 bis 160 PSi). Eine örtliche Untersuchung ergab, daß dieses vermutlich darauf zurückzuführen ist, daß der Dampfer bei ersterem Versuche auf einer Stelle gelegen hat, an der die Kanalsohle durch Auflagerungen, aus früheren Versuchen veranlaßt, aufgehöht war. Diese losen Auflagerungen haben leichter den Angriffen des Wasserstrudels nachgegeben als der gewachsene Boden der Kanalsohle.

Im ganzen ist das Ergebnis ein für die Wirkung der Doppelschraubendampfer günstiges.

c) Thornycroftheckdampfer »Klara«.

Der Dampfer hat eine Stärke von 240 PS. Die Schraube ist breitflüglig, hat drei Flügel und 1,48 m Durchmesser (Abb. 73, S. 69). Die Schraubenwelle liegt bei normalem Tiefgang des Schiffes 46 cm unter Wasserspiegel und somit bei 3,0 m Wassertiefe 2,54 m von der Sohle entfernt. Da der Schraubendurchmesser 1,48 m beträgt, so liegt der unterste Punkt der Schraube 1,80 m von der Sohle ab, während bei den Einschraubern dieser tiefste Punkt etwa 1,60 m, bei den Schleppdoppelschrauben etwa 1,50 m, bei Frachtdampfer »Göben« 1,50 m von der Sohle entfernt ist.

Dampfer »Rhein«, Doppelschraubendampfer.

Länge 22,96 m, Breite 5,23 m, Tiefgang 1,24 m.
Schraubenform: Breitflüglige Schraube, 3 Flügel.
Stärke in PSi: je 75.
Zugkraft während des Versuchs: 1200—1250 kg.

Zahl der Umdrehungen in der Minute: 125—130.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,10 m.

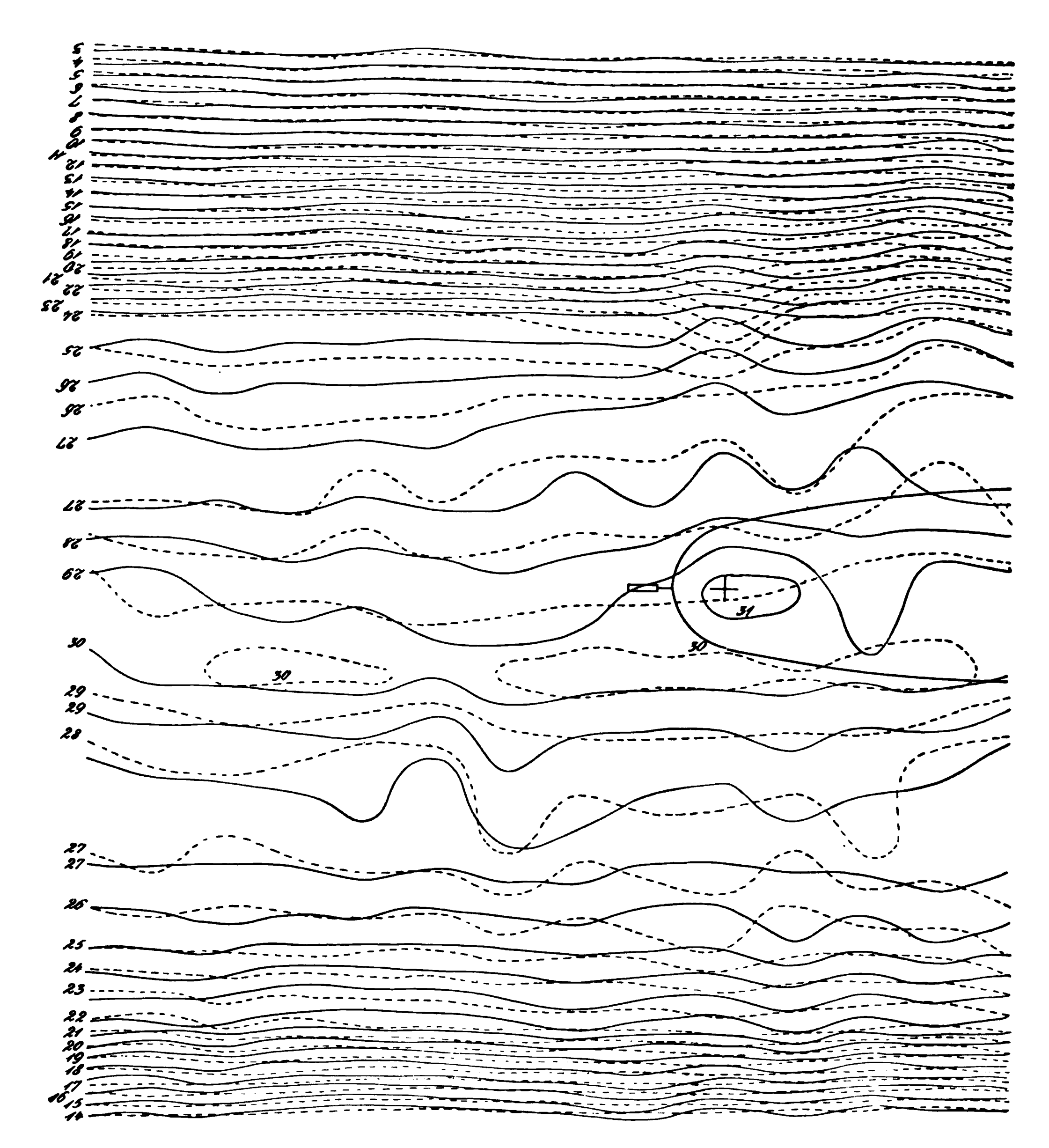


Abb. 65. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - - vor dem Versuch. ———————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,44 N. N.

Dampfer »Rhein«, Doppelschraubendampfer.

Länge 22,96 m, Breite 5,23 m, Tiefgang 1,24 m.
Schraubenform: Breitflüglige Schraube, 3 Flügel.
Stärke in PSi: je 75.
Zugkraft während des Versuchs: 1200 kg.

Zahl der Umdrehungen in der Minute: 125—130.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,0 m.

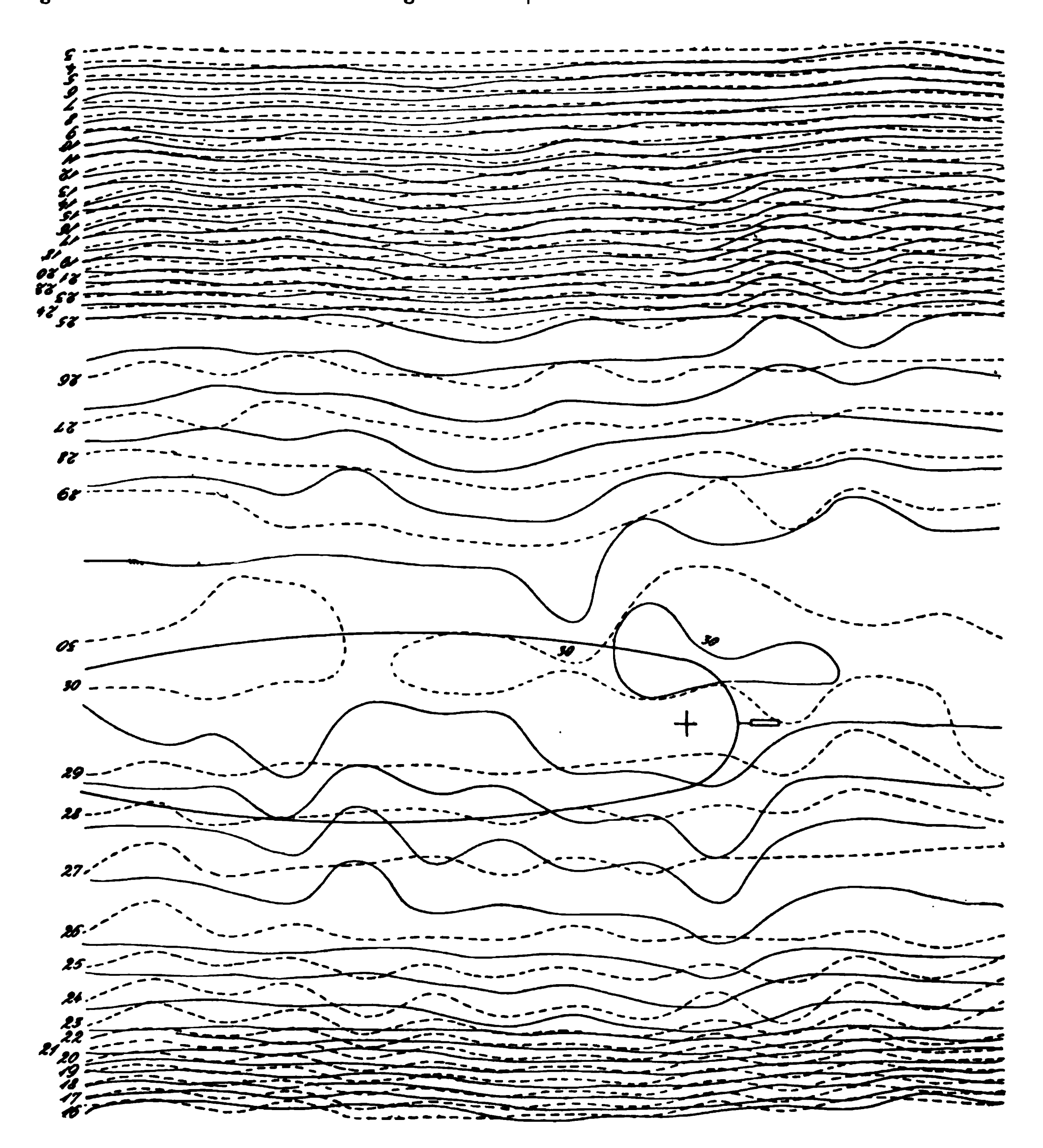


Abb. 66. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - vor dem Versuch. ———— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,48 N. N.

Dampfer »Anna«, Doppelschraubendampfer.

Länge 15,2 m, Breite 4,22 m, Tiefgang 1,12 m.
Schraubenform: Breitflüglig, 3 Flügel, Durchmesser 0,95 m.
Stärke in PSi: je 40.

Zugkraft während des Versuchs: 950—1000 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: 210.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 1,40 m.

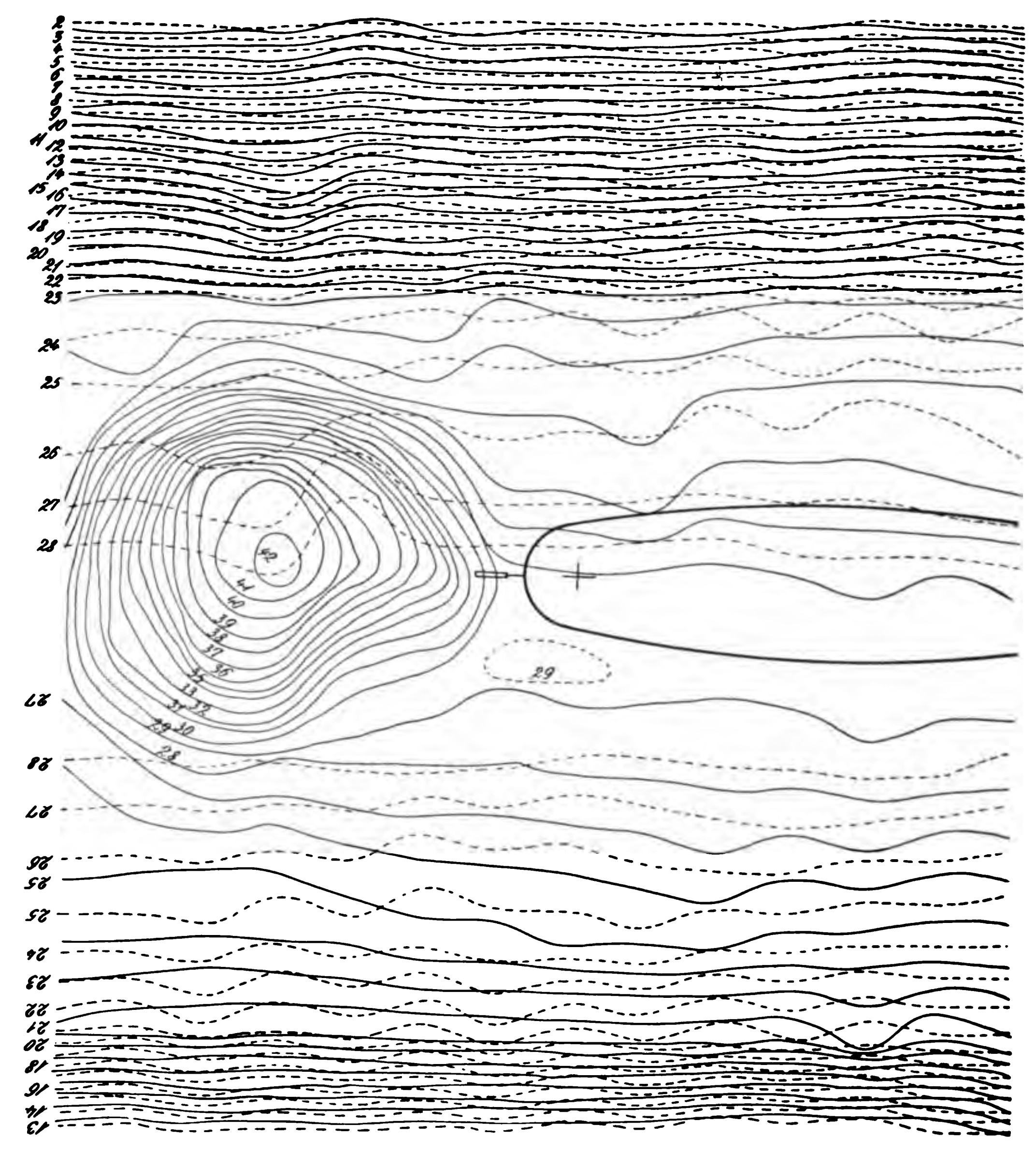


Abb. 67. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - - - vor dem Versuch. ———————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuches war + 31,44 N. N.

Dampfer »Anna«, Doppelschraubendampfer.

Länge 15,2 m, Breite 4,22 m, Tiefgang 1,12 m.
Schraubenform: Breitflüglig, 3 Flügel, Durchmesser 0,95 m.
Stärke in PSi: je 40.

Zugkraft während des Versuchs: 950—1000 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: 210.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 1,10 m.

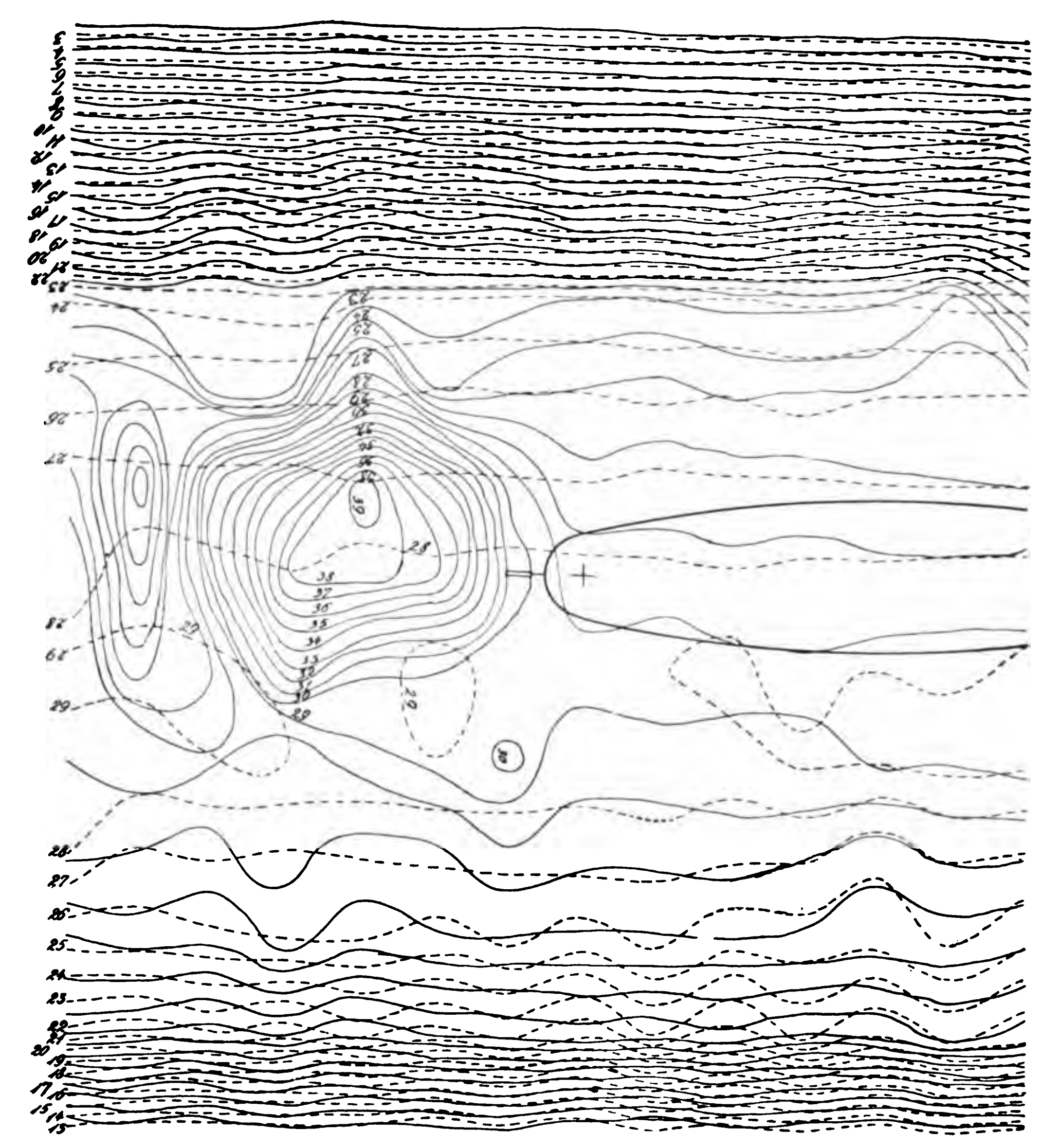


Abb. 68. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - - - vor dem Versuch. ———————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,44 N. N.

Dampfer »Anna«, Doppelschraubendampfer.

Länge 15,2 m, Breite 4,22 m, Tiefgang 1,12 m.
Schraubenform: Breitflüglig, 3 Flügel,
Durchmesser 0,95 m.
Stärke in PSi: je 40.

Zugkraft während des Versuchs: 450—475 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: 130.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,40 m.

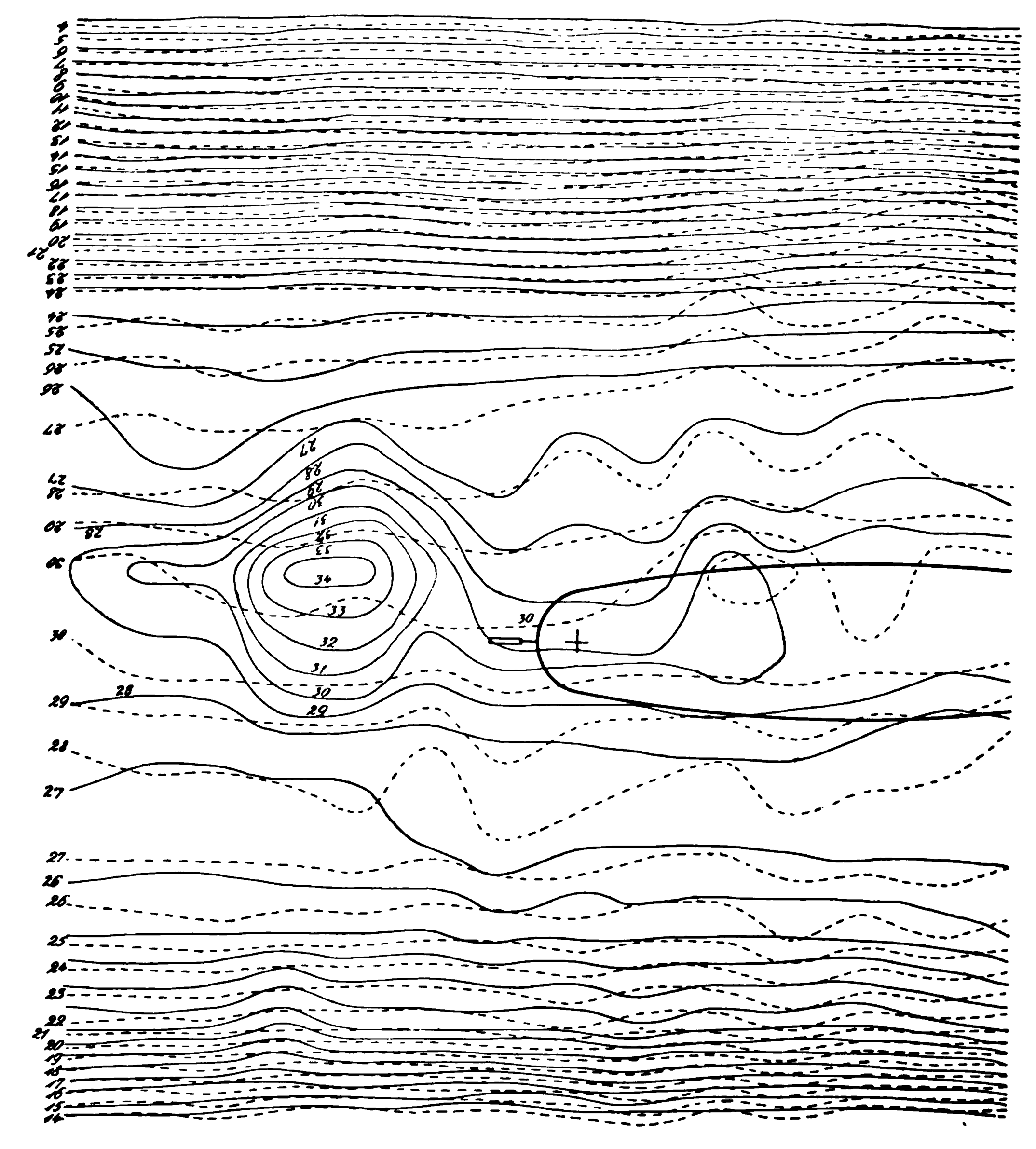


Abb. 69. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - - vor dem Versuch. ———————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,42 N. N.

Frachtdampfer »Göben«, Doppelschraubendampfer.

Länge 52,5 m, Breite 6,75 m, Tiefgang 1,56 m.
Schraubenform: Breitflüglig, 3 Flügel.
Stärke in PSi: 150.
Zugkraft während des Versuchs: 1200 kg.

Zahl der Umdrehungen in der Minute: 100.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,60 m.

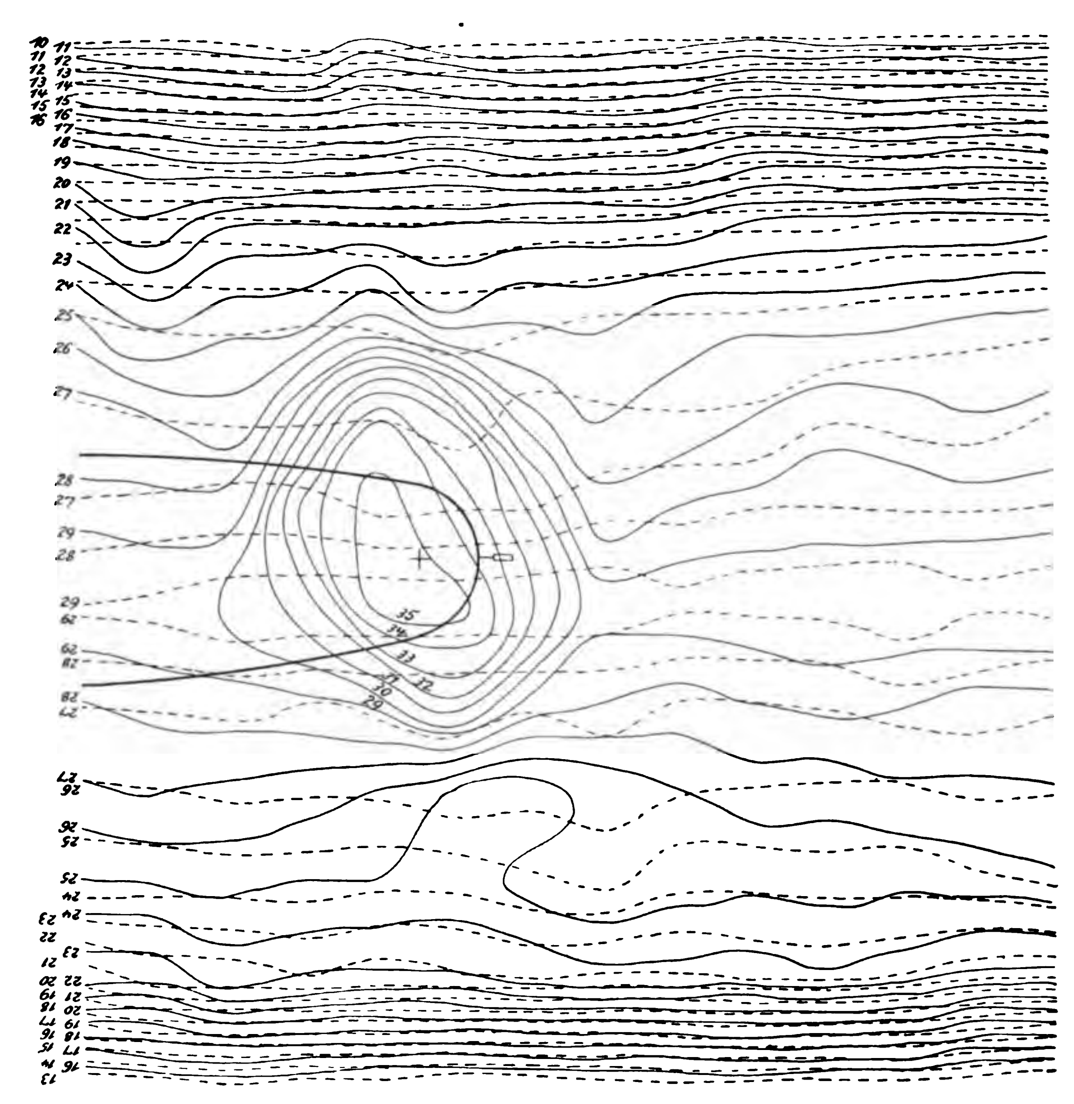


Abb. 70. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - vor dem Versuch. ———— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,62 N. N.

Frachtdampfer »Göben«, Doppelschraubendampfer.

Länge 52,5 m, Breite 6,75 m, Tiefgang 1,56 m.
Schraubenform: Breitflüglig, 3 Flügel.
Stärke in PSi: 150.
Zugkraft während des Versuchs: 2100 kg.

Zahl der Umdrehungen in der Minute: 160.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,30 m.

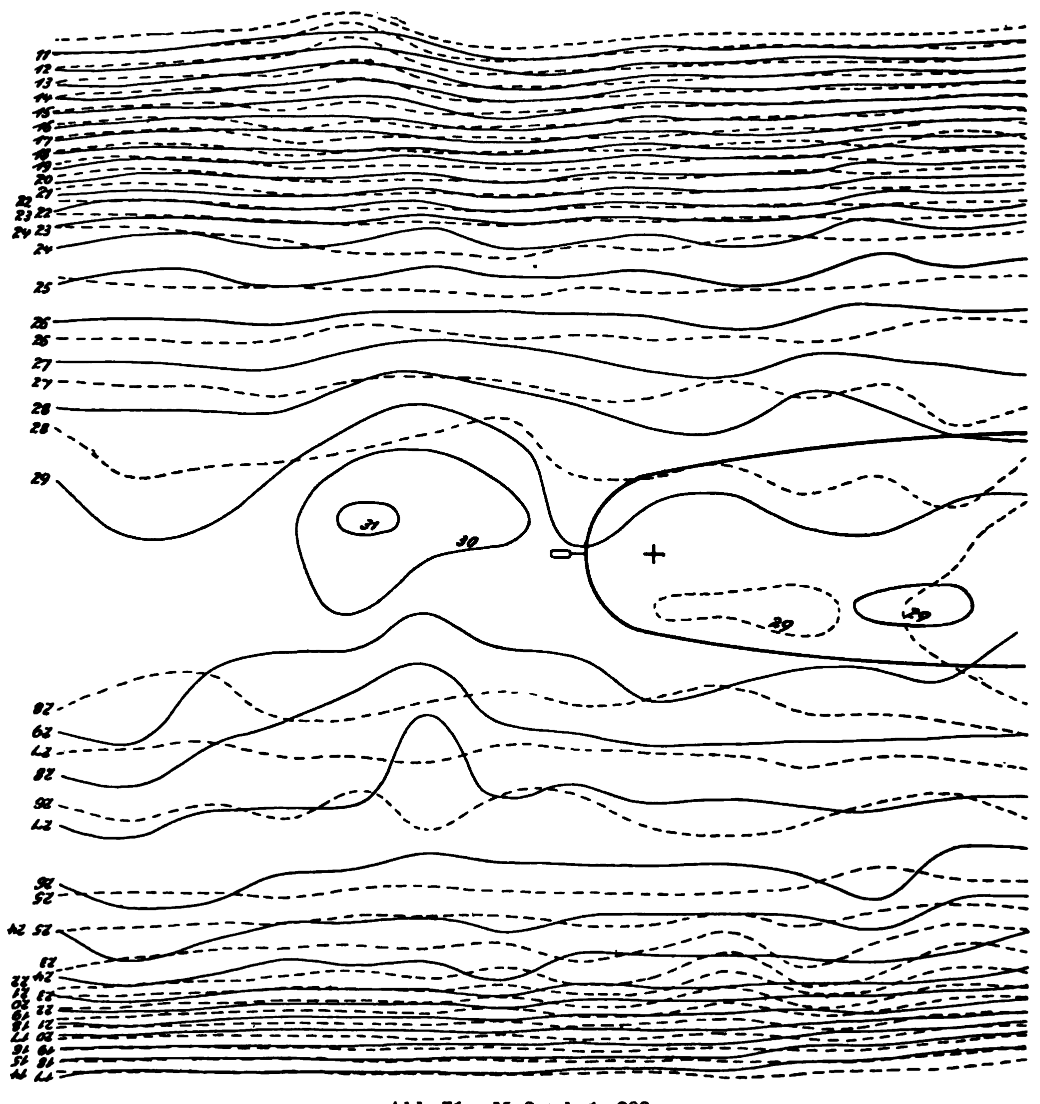


Abb. 71. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - vor dem Versuch. ———————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,62 N. N.

Frachtdampfer »Göben«, Doppelschraubendampfer.

Länge 52,5 m, Breite 6,75 m, Tiefgang 1,56 m.
Schraubenform: Breitflüglig, 3 Flügel.
Stärke in PSi: 150.

Zugkraft während des Versuchs: 1600 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: 134.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,40 m.

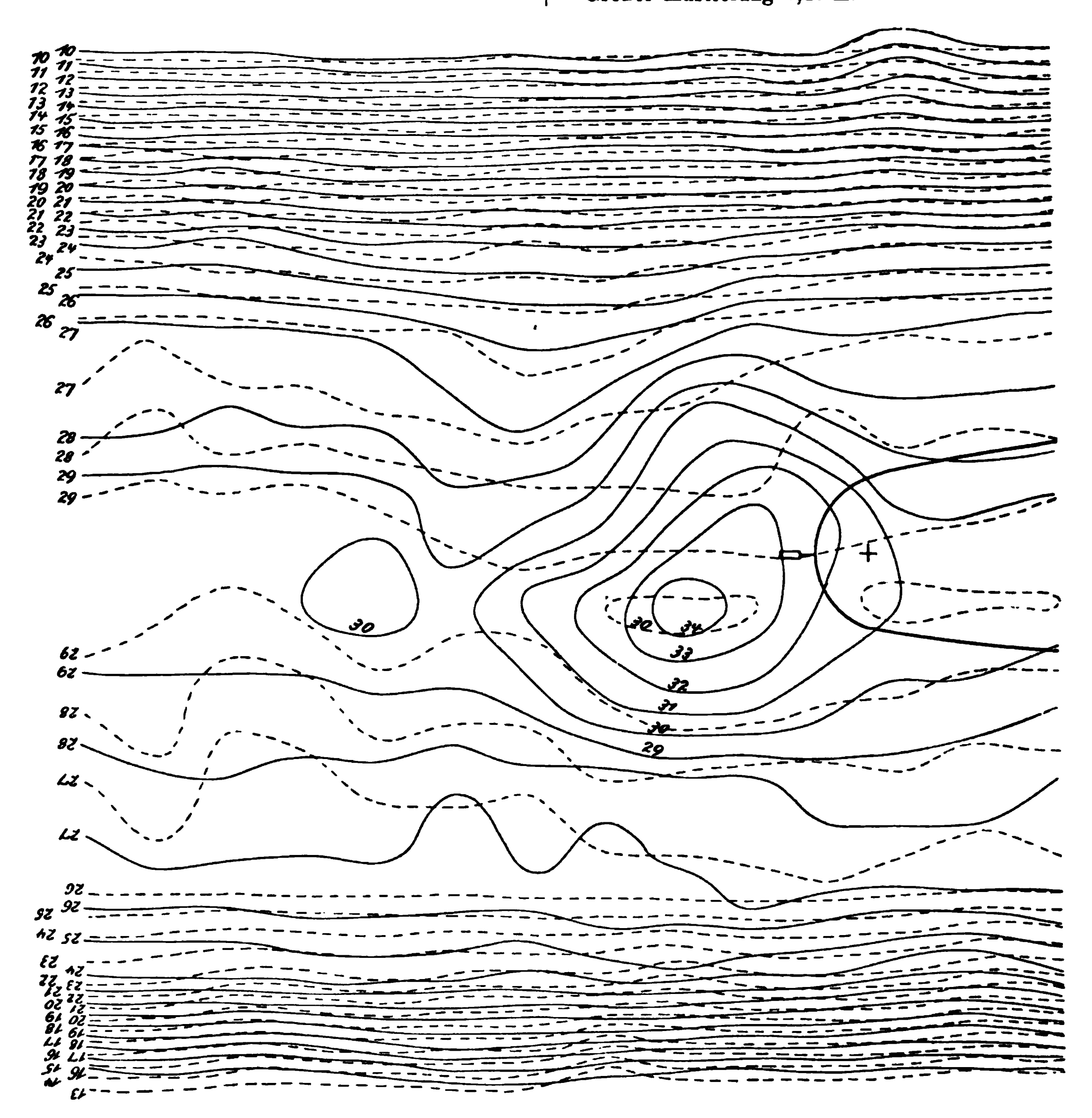


Abb. 72. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - - vor dem Versuch. ———— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,62 N. N.

In den beiden ersten Versuchen (Abb. 74 u. 75, S. 70 u. 71) wurde der Dampfer mit 1200 bis 1250 kg angespannt und leistete hierbei etwa 70 PS. Er war also nur etwa mit $^1/_3$ belastet. Die Zahl der Umdrehungen betrug 125 bis 130 in der Minute. Wenn zwar die Wassertiefe an der Versuchsstelle bei dem vorhandenen übernormalen Pegelstand rund 3,2 m betrug, so ist doch die Austiefung von nur 0,30 m als eine geringfügige zu bezeichnen. Die Einschrauber veranlaßten z. B. bei einer Zugkraft von 1200 kg eine Austiefung bis 1,60 m, der Doppelschrauber »Anna« eine solche bis 1,40 m. Die Austiefung blieb auch bei den höheren Beanspruchungen des Dampfers wesentlich zurück hinter der in anderen Fällen. Bei einer Zugkraft im Schleppseil von 1700 kg (110 PSi, Abb. 76 und 77, S. 72 und 73) wurde die Austiefung zu 0,60 m, und bei 2500 kg (220 PSi, Abb. 78, S. 74, volle Leistung des Dampfers) zu 1,10 m gemessen. Die Umdrehungszahl war hierbei 146 bzw.

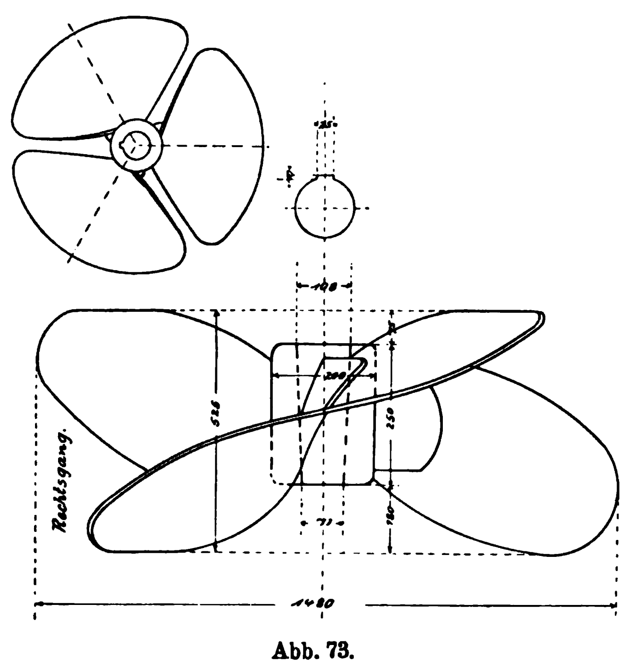


Abb. 73.
Thornycroftheckdampfer »Klara«.
Hauptmaße der Schiffsschraube von 1480 mm Durchmesser.

190 bis 200. Es ist diese Erscheinung sicherlich auf die hohe Lage der Schrauben zurückzuführen, wobei allerdings noch z. B. bei der Zugkraft von 1200 kg die geringe Umdrehungszahl von Einfluß gewesen sein wird.

Die Versuche zeigten ferner, daß die Steuerfähigkeit dieser Dampfer eine gute ist. Auch rückwärts fuhr der Dampfer glatt die ganze Versuchsstrecke lang, zwei Schleppkähne im Anhang führend. Wenn zwar die arbeitende Schraube einen lebhaften Strudel erzeugte, so dehnte sich dieser an die Ufer doch nicht in stärkerem Maße aus, wie bei den anderen Dampfersystemen. Nach dem gewonnenen Augenschein ist hier kein stärkerer Uferangriff als unter sonst gleichen Umständen bei den anderen Dampferarten zu erwarten.

d) Schrauben-(Fracht-)Dampfer »Falk« und »Helgoland« (Versuche mit Platte unter der Schraube).

Der Berliner Schiffahrtsverein war mit dem Vorschlage hervorgetreten, zum Schutze der Kanalsohle unter der Schraube eine Platte anzubringen, die die Ablenkung des Stromes nach unten verhindern soll, und hatte den Frachtdampfer »Falk« (Finowmaß) mit einer solchen Platte in der durch Abb. 79—81 (Seite 75/76) dargestellten Weise ausgerüstet. Diese Platte wurde nachträglich an dem sonst unverändert gebliebenen Dampfer angebracht; sie liegt mit ihrer Unterfläche etwa in gleicher

Dampfer »Klara«, Thornycroftheckdampfer.

Länge 32,5 m, Breite 6,0 m, Tiefgang 1,15 m.
Schraubenform: Breitflüglig, 3 Flügel,
Durchmesser 1,48 m.
Stärke in PSi: 240.

Zugkraft während des Versuchs: 1200—1250 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: 125—130.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,30 m.

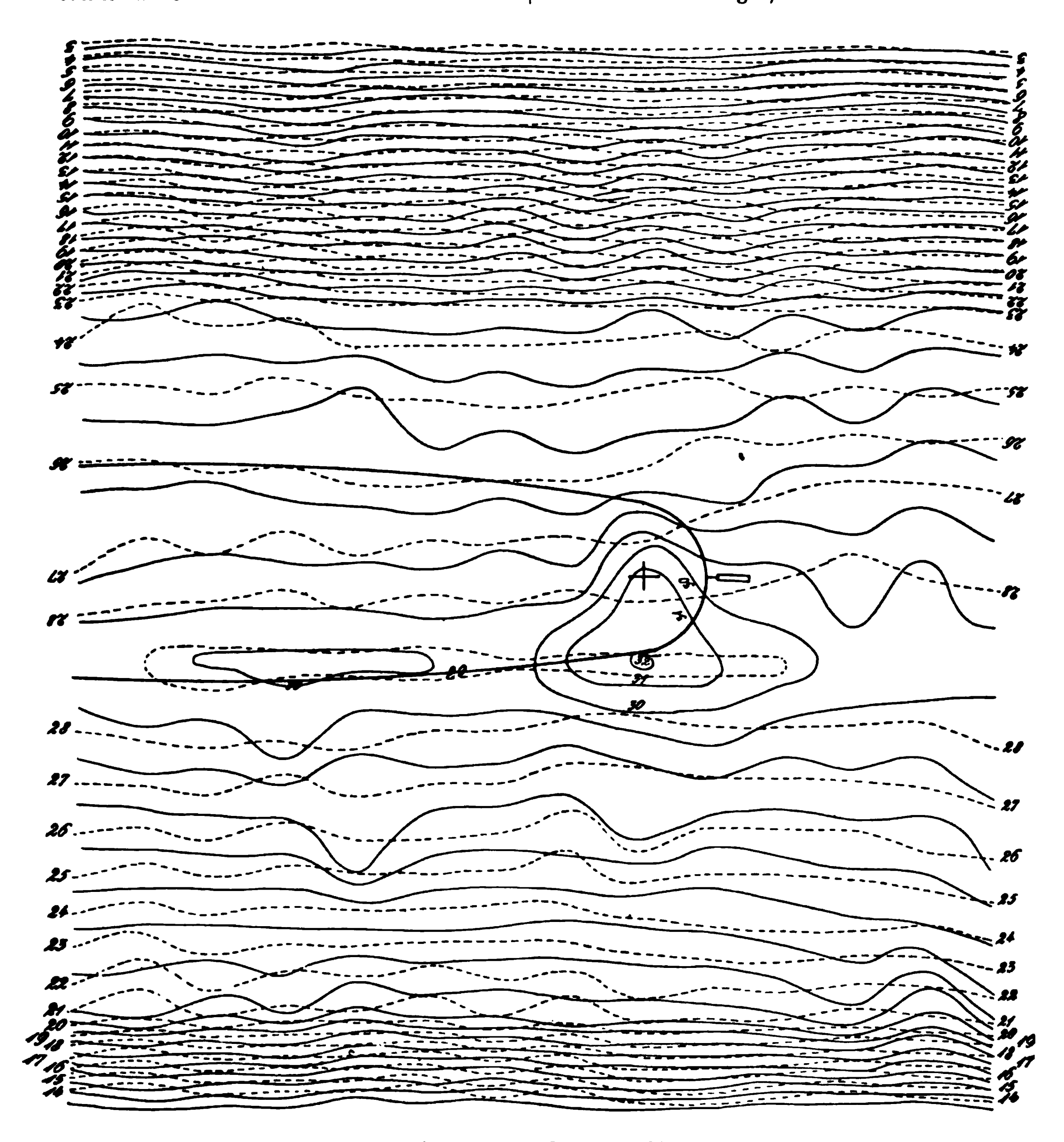


Abb. 74. Maßstab 1 : 200.

- - - - - - - - vor dem Versuch. ———— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,48 N. N.

Dampfer »Klara«, Thornycroftheckdampfer.

Länge 32,5 m, Breite 6,0 m, Tiefgang 1,15 m.
Schraubenform: Breitflüglig, 3 Flügel, Durchmesser 1,48 m.
Stärke in PSi: 240.
Zugkraft während des Versuchs: 1200—1250 kg.

Zahl der Umdrehungen während des Versuchs: 125 bis 130 in der Minute.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,30 m.

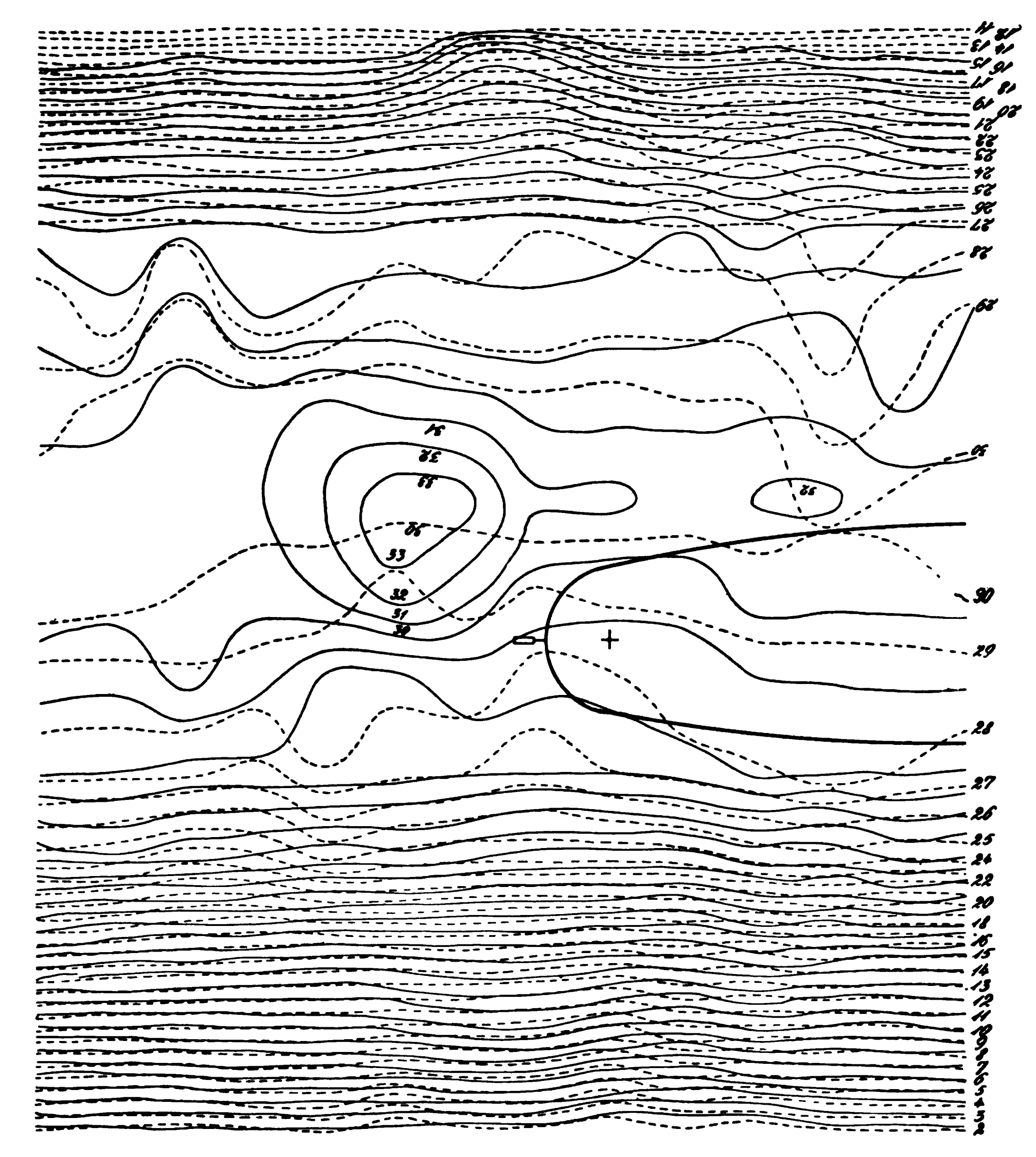


Abb. 75. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - - vor dem Versuch. ————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,48 N. N.

Dampfer »Klara«, Thornycroftheckdampfer.

Länge 32,5 m, Breite 6,0 m, Tiefgang 1,15 m.
Schraubenform: Breitflüglig, 3 Flügel, Durchmesser 1,48 m.
Stärke in PSi: 240.

Zugkraft während des Versuchs: 1700—1750 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: 146.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,90 m.

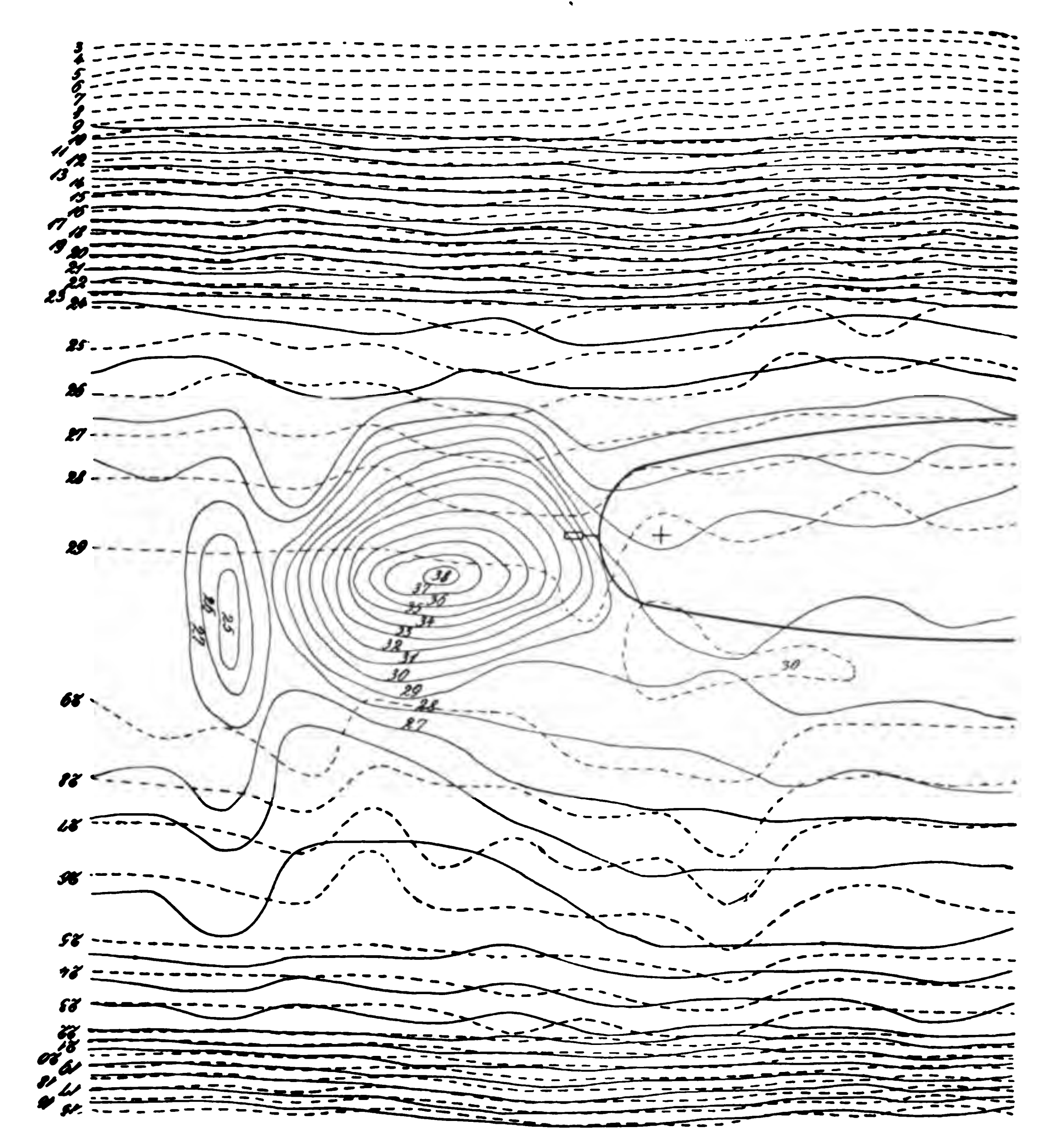


Abb. 76. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - - vor dem Versuch. ———————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,56 N. N.

Dampfer »Klara«, Thornycroftheckdampfer.

Länge 32,5 m, Breite 6,0 m, Tiefgang 1,15 m.
Schraubenform: Breitflüglig, 3 Flügel, Durchmesser 1,48 m.
Stärke in PSi: 240.

Zugkraft während des Versuchs: 1700—1750 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: 125—130.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,60 m.

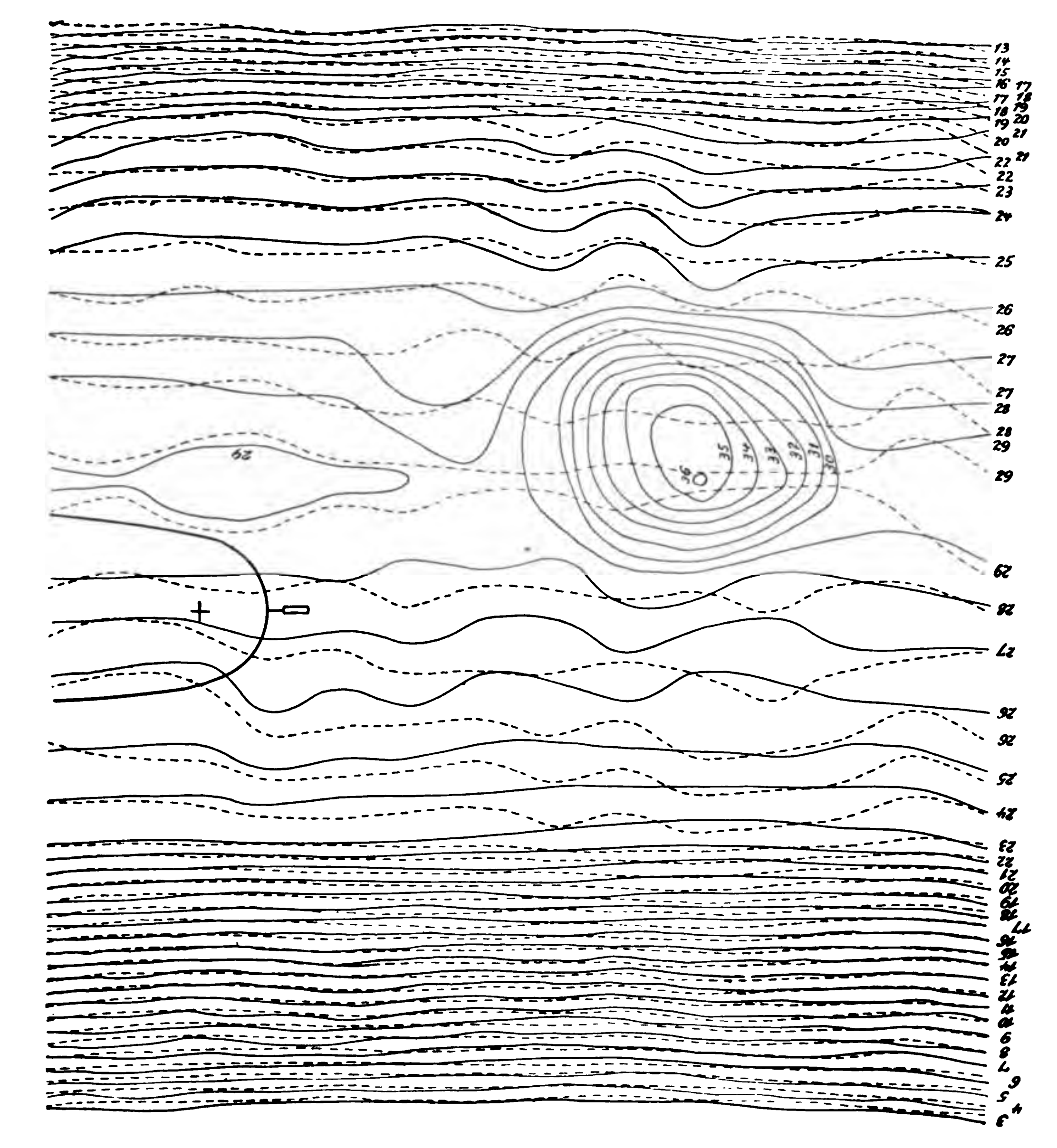


Abb. 77. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - - - vor dem Versuch. ———————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,52 N. N.

Dampfer »Klara«, Thornycroftheckdampfer.

Länge 32,5 m, Breite 6,0 m, Tiefgang 1,15 m.
Schraubenform: Breitflüglig, 3 Flügel, Durchmesser 1,48 m.
Stärke in PSi: 240.

Zugkraft während des Versuchs: 2600 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: 190—200.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 1,0 m.

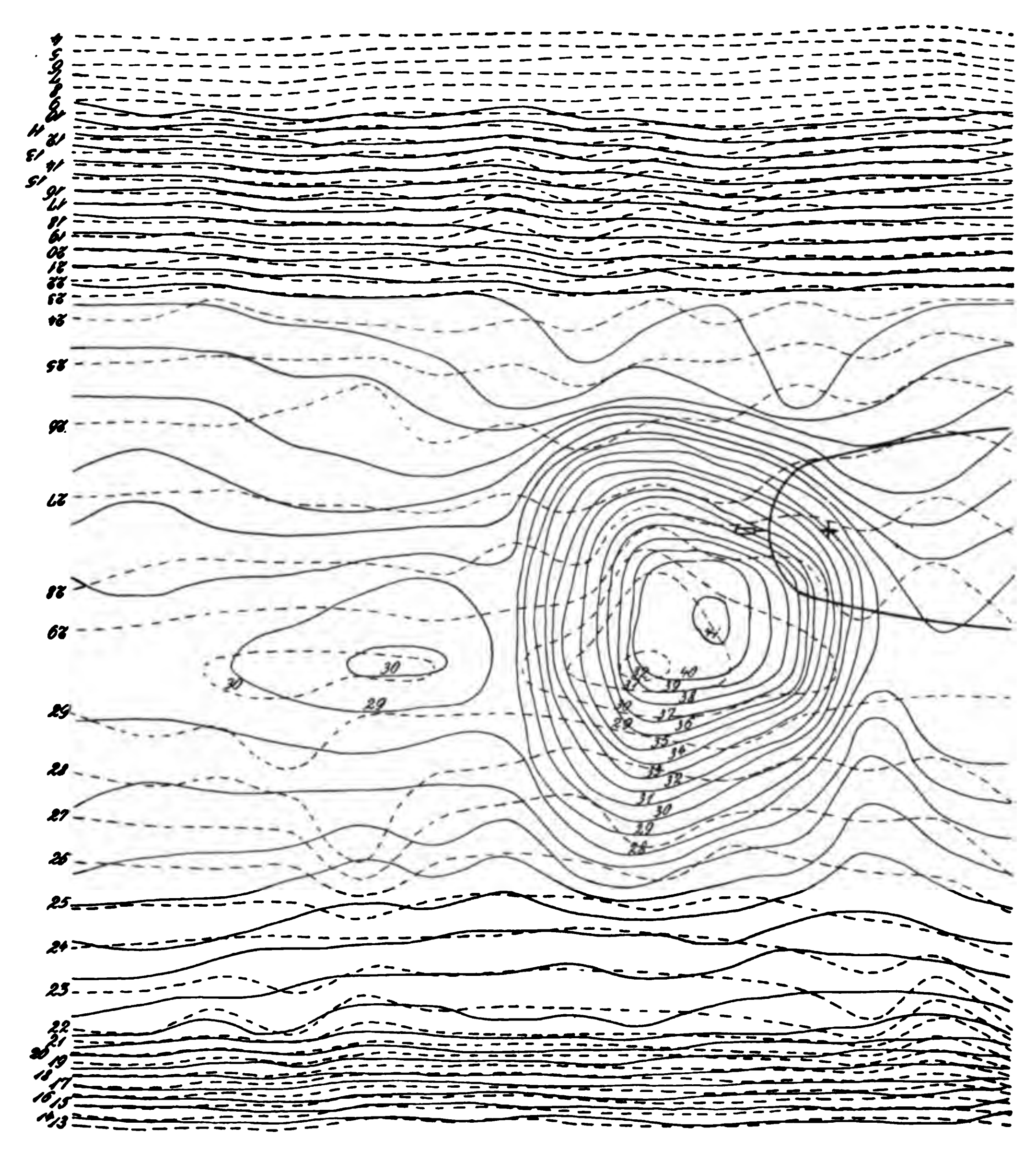


Abb. 78. Maßstab 1:200.

- - - - - - - - - - vor dem Versuch. ———————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 31,52 N. N.

Höhe mit dem Schiffsboden und ist nach allen Seiten schalenförmig gewölbt. Die Aufbiegung in der Dampferachse soll vornehmlich ein Einschneiden in die Böschungen bei Rückwärtsfahrt verhindern.

Der Dampfer wurde zu Versuchszwecken, wie sonst, bei Saatwinkel verankert. Es wurden zwei Versuche (Anfang Juli 1911) ausgeführt, von je zweistündiger Dauer. Die Spannung im Zugseil betrug dabei 1200 kg, die Zahl der Umdrehungen i. M. 210 in der Minute. Die Schraube (breitflüglig, 3 Flügel) hat 1,35 m Durchmesser und schnitt bei den Versuchen mit ihrer Oberkante etwa mit der Wasseroberfläche ab. Der Dampfer war auf 1,42 m Tiefgang mit 115 t beladen. Die Schraube drehte rechts in der Fahrtrichtung. Die Bodenverhältnisse und der Kanalquerschnitt waren die gleichen wie bei den früheren Versuchen.

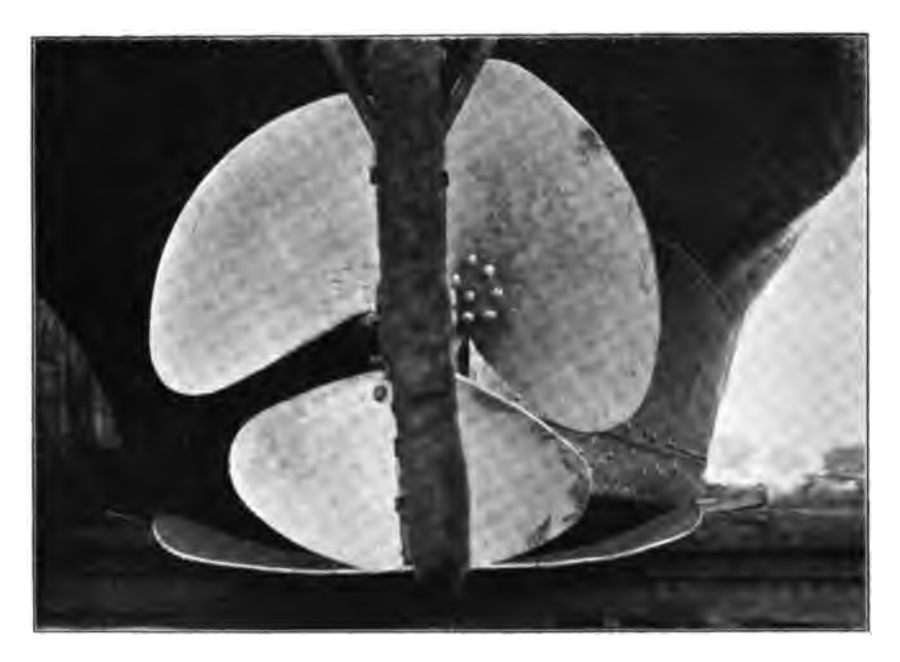


Abb. 79. Platte unter der Schraube des Dampfers »Falk«.

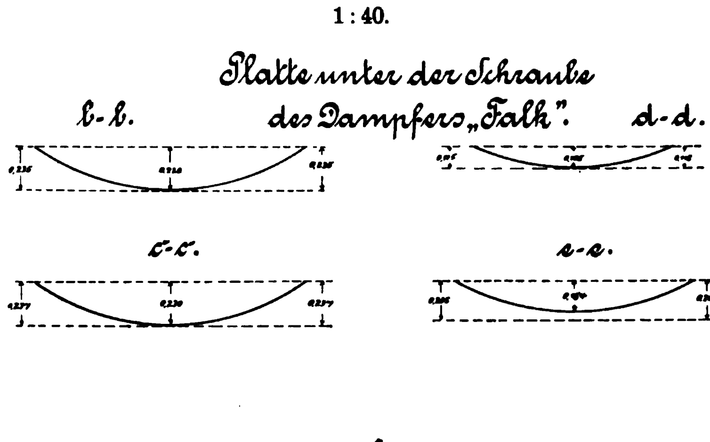


Abb. 80. Platte unter der Schraube des Dampfers »Falk«.

Abb. 82 (S. 77) läßt die Wellenbewegung hinter der Schraube während des Versuchs erkennen.

Die Ergebnisse sind für die Erhaltung der Kanalsohle günstig und aus Abb. 83 und 84, (S. 79 und 80) ersichtlich. Die Austiefung betrug in dem einen Falle 10 cm, im zweiten Versuch war eine Veränderung der Flußsohle nicht festzustellen.

1:40.



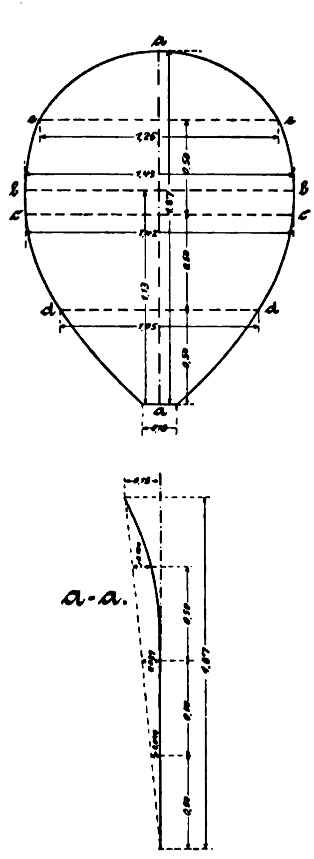


Abb. 81.

Im Oktober 1911 wurden die Versuche ohne Platte fortgesetzt. Diese Versuche hatten das Ergebnis, daß auch hierbei eine nennenswerte Austiefung in der Sohle (0,10 m) nicht festgestellt werden konnte. Es würde somit ein merkbarer Einfluß der Platte nicht zu verzeichnen sein. Es kann sich diese befremdende Erscheinung, wenn sie nicht an sich auf eine günstige Form der Schraube zurückzuführen ist, auch dadurch erklären, daß die Schraube während der Versuche etwas nach oben gerichtet war. Nach den Messungen tauchte das Schiff (siehe Abb. 33, S. 21) am Bug im M. 1,45 m,

am Heck rund 1,35 m ein, so daß die Schraubenwelle bei 40 m Schiffslänge eine Neigung von rund 1 : 100 nach dem Heck hatte. Denn die Wirkung der Schraube auf die Kanalsohle ist eine geringere, wenn die Schraubenarbeit nach der Wasseroberfläche gerichtet ist.

Um auch festzustellen, inwieweit die Platte den Wirkungsgrad der Schraube und damit die Maschinenleistung beeinflußt, wurden mit dem Selbstfahrer »Falk« in freier Fahrt und verankert, ohne und mit Platte Versuche angestellt. Die Ergebnisse sind in den Abb. 37 (Taf. VI) und 85 (Taf. VIII) aufgetragen. Es zeigt sich darnach, daß zur Erzeugung gleicher Zugkräfte bzw. Geschwindigkeiten während der Fahrt, im wesentlichen dieselbe Maschinenleistung erforderlich war beim Arbeiten des Dampfers ohne und mit Platte. Beim festgelegten Dampfer hingegen zeigte sich ein merkbarer Unterschied in der Leistung. So wurde z. B. zur Erzeugung von 1000 kg Zugkraft mit Platte rund 70 PSi und ohne Platte rund 90 PSi gebraucht. Dieses Ergebnis ist auffallend, denn es konnte vermutet werden, daß die Behinderung der Wasserzuströmung von der Unterseite der Schraube durch die Platte, sowie der Rückstau infolge der nach oben gewölbten Form derselben den Wirkungsgrad der Schraube ungünstig beeinflussen würde.



Abb. 82. Dampfer »Falk«, Wellenbewegung hinter der Schraube während des Versuchs mit Platte.

Diese Versuche mit der Platte unter der Schiffsschraube wurden im März und April 1912 wiederholt. Es galt ein klares Ergebnis zu finden und es schien darum erwünscht, für diese Versuche einen solchen Dampfer zu benutzen, der nachweislich ohne Platte für die Kanalsohle ungünstig gearbeitet hatte. Als ein solcher hatte sich »Helgoland« erwiesen, der seinerzeit mit Steuer arbeitend eine größte Austiefung von 1,60 m erzeugt hat (s. S. 51 u. 53). Der Dampfer wurde von der Berlin-Fürstenberger Schleppvereinigung für diesen Versuchszweck zur Verfügung gestellt. Die früher vorhandene vierflüglige Schraube von 1,10 m Durchmesser war inzwischen ausgewechselt und durch eine ebenfalls langflüglige vierflüglige Schraube von 1,15 m Durchmesser ersetzt. Das Schiff wurde wie bisher im Kanal verankert. Dies geschah, nachdem der Durchstich bei Saatwinkel mittlerweile für die Schiffahrt freigegeben war, in der Scheitelstrecke des Großschiffahrtweges bei Zerpenschleuse, wo der gleiche Kanalquerschnitt und im übrigen die gleichen Bodenverhältnisse, d. h. feiner Sand, vorhanden sind. Zunächst wurde der Versuch ohne Platte vorgenommen und es ergab sich hierbei in 2 Versuchen nach zweistündigem Betrieb eine größte Ausspülung von 1,10 m bzw. 1,40 m. Dann wurde auf einer Schiffswerft in Spandau eine Platte angebracht, ähnlich wie bei dem Dampfer »Falk«. Das Ergebnis war

folgendes: Es wurde bei dem ersten zweistündigen Versuche eine Ausspülung von 1,30 m, bei dem zweiten Versuche von gleicher Dauer eine Ausspülung von 0,80 m erzeugt. Das Ergebnis kann nicht als ein befriedigendes bezeichnet werden. Der Dampfer hat mit Platte annähernd dieselbe Austiefung wie ohne Platte erzeugt und man muß hiernach annehmen, daß eine Schonung der Kanalsohle durch Anbringung einer Platte unter der Schiffsschraube in der Form und in den Abmessungen, wie im vorliegenden Versuchsfalle geschehen, nicht erwartet werden kann. Die trotz der Platte hervorgerufenen Ausspülungen dürften sich daraus erklären, daß nach den Beobachtungen bei den sonstigen Versuchen die größten Austiefungen in der Regel nicht unmittelbar lotrecht unter der Schraube, sondern durch das Steuer abgelenkt um einige Meter dahinter in Verlängerung der Schiffsachse oder seitlich daneben entstanden sind. Die Achse des Hauptangriffs des drehenden Wellenzylinders geht etwa vom Schraubenauslauf in der Neigung 1 : 2 nach der Sohle. Es scheint also, daß dieser Hauptangriff über das Ende der Platte hinweg nach der Kanalsohle schießt.

Die Wirkungsweise des Dampfers hinsichtlich seiner Zugkraft war auch bei diesem Versuch mit und ohne Platte keine merkbar verschiedene.

3. Ergebnisse der Schraubenversuche.

a) Angriff auf die Kanalsohle[1]).

Einschraubendampfer. Die Einschraubendampfer haben bei einer 1200 kg Zugkraft erzeugenden Maschinenleistung, die für die Fortbewegung eines Schleppzuges von 3 Anhängern von je 600 t Tragfähigkeit mit 3,5 km Stundengeschwindigkeit erforderlich sind, eine Austiefung der Kanalsohle bis 1,60 m hervorgerufen.

Bei gleicher Maschinenleistung war nach Beseitigung des Steuers eine nennenswerte Austiefung in zwei Fällen nicht vorhanden, in einem dritten Versuch trat eine Austiefung von 60 cm ein. Die Ergebnisse der drei Versuche, die mit Dampfern mit und ohne Steuer ausgeführt wurden, bestätigen also — mit einer Ausnahme — die der Modellversuche.

Doppelschraubendampfer. Die größte Austiefung eines Doppelschraubendampfers bei einer Maschinenleistung wie vor, war 1,40 m.

Ein zweiter Doppelschrauber erzeugte bei gleicher Leistung eine nennenswerte Austiefung nicht.

Der erste Dampfer war nach Maßgabe seiner Stärke voll, der zweite nur etwa $^1/_2$ belastet.

Der Frachtdampfer »Göben« veranlaßte bei gleicher Maschinenleistung eine größte Austiefung von 0,60 m, jedoch scheint es, daß es sich bei dieser Ausspülung um losen Sand handelte. Bei wesentlich stärkeren Maschinenleistungen war in zwei anderen Fällen die Austiefung nur 30 bzw. 40 cm.

Thornycroft-(Tunnelheck-)Dampfer. Dieser Dampfer rief bei den verschiedenen Zugleistungen eine Ausspülung hervor wie folgt:

Zugkraft kg	Austiefung der Kanalsohle m
1200	0,30
1700	0,60
2600	1,10

Weiteres ist aus der folgenden Tabelle 16 (S. 81) ersichtlich. Über die aus diesen Ergebnissen zu ziehenden Schlußfolgerungen siehe Abschnitt V.

b) Einfluß der Schraubenform.

Es scheint, daß die breitflüglige Schraube weniger Angriffe auf die Kanalsohle ausübt, als die langflüglige. Jene Schraubenform dürfte mehr für flaches, diese mehr für tiefes Fahrwasser geeignet sein.

---

[1]) Es sei hierzu auf die Ausführungen Seite 41 u. f. und 82 hingewiesen.

Dampfer »Falk«, Einschraubendampfer.

Länge 40,13 m, Breite 4,60 m, Tiefgang 1,36 m.
Schraubenform: Breitflüglig, 3 Flügel, Durchm. 1,35 m.
Stärke in PSi: rd. 100.

Zugkraft während des Versuchs: 1200 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: 210.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,0 m.

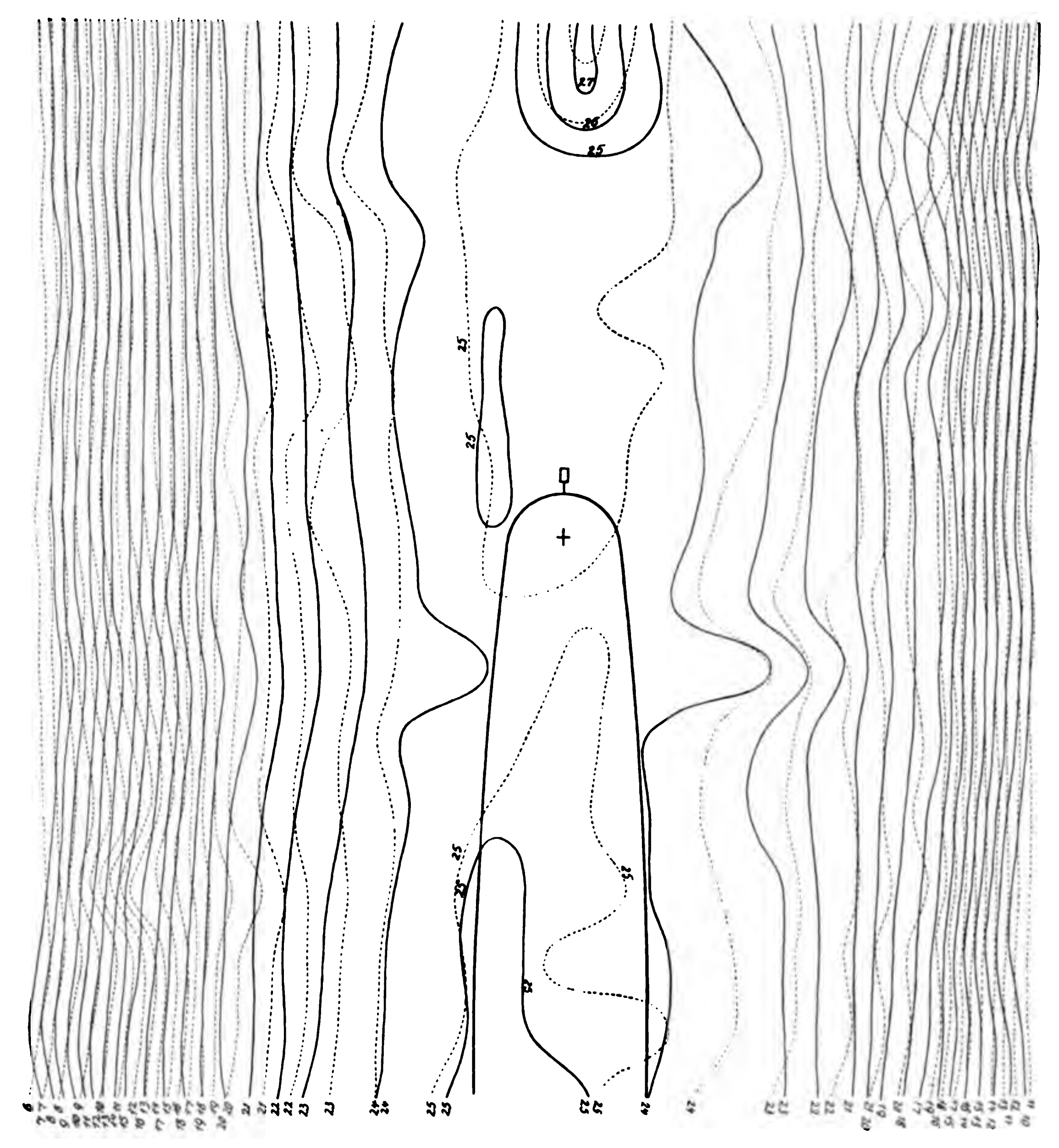


Abb. 83. Maßstab 1 : 200.

- - - - - - - - vor dem Versuch. ———————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 30,98 N. N.

Dampfer »Falk«, Einschraubendampfer.

Länge 40,13 m, Breite 4,60 m, Tiefgang 1,36 m.
Schraubenform: Breitflüglig, 3 Flügel, Durchmesser 1,35 m.
Stärke in PSi: rd. 100.

Zugkraft während des Versuchs: 1200 kg.
Zahl der Umdrehungen in der Minute: 210.
Mit Steuer arbeitend.
Größte Austiefung 0,10 m.

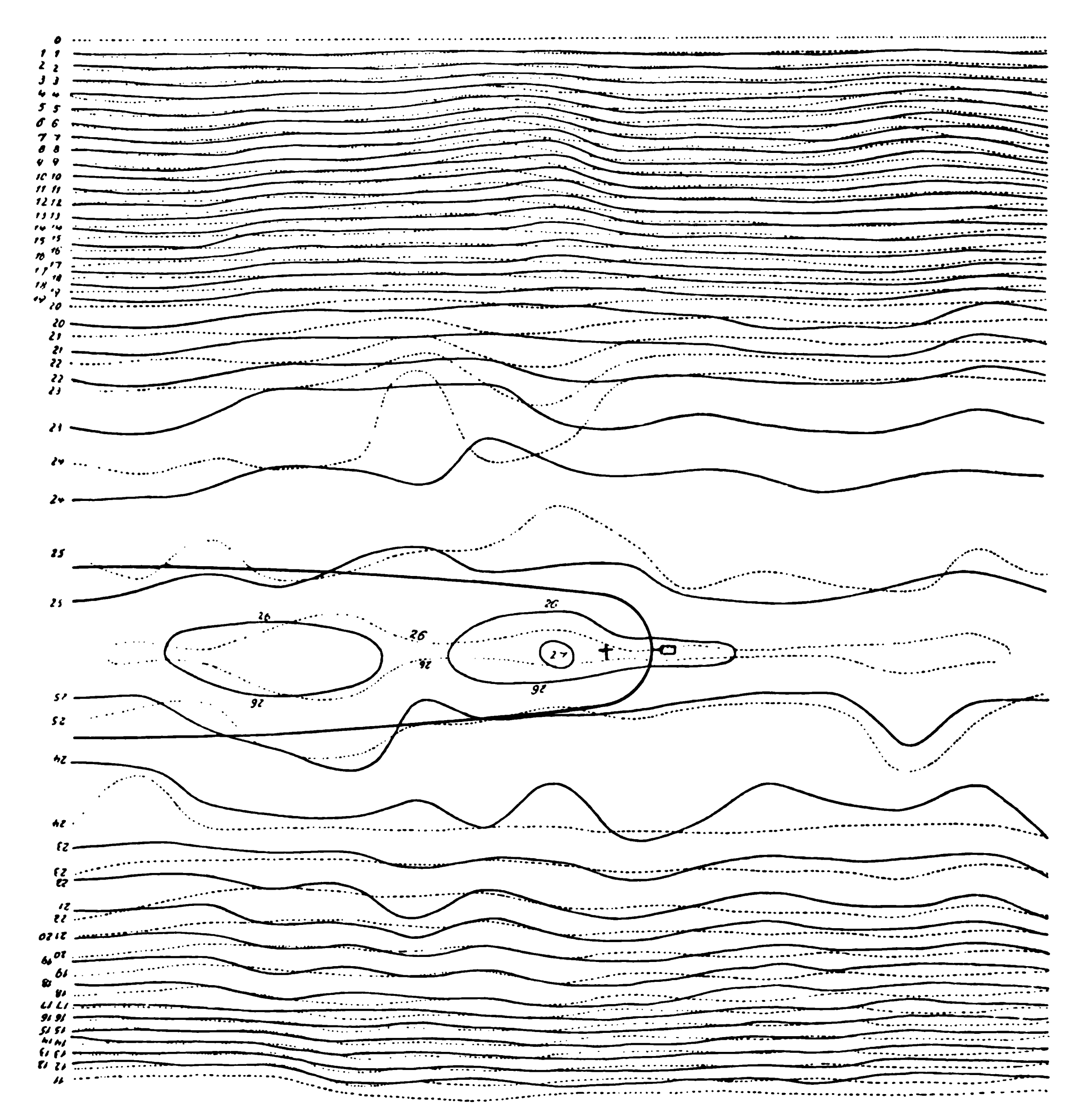


Abb. 84. **Maßstab 1:200.**

- - - - - - - - - vor dem Versuch. ———————— nach dem Versuch.

Die Tiefenmaße sind auf den Normalwasserstand + 31,30 N. N. bezogen.
Wasserstand während des Versuchs war + 30,98 N. N.

Tabelle 16. Ergebnisse der Schraubenversuche.

Dampfer	Tauchtiefe m	Max. Maschinenstärke PSi	Schraubenform und Durchmesser	Zugkraft im Schleppseil während des Versuchs kg	Umdrehungszahl m	Größte Austiefung mit Steuer m	Größte Austiefung ohne Steuer m	Bemerkungen
Glückauf Bereisungsdampfer	1,20	126	⌀ 1,20 m	925	—	0,10	—	
			Schleppdampfer. a) Einschraubendampfer.					
Friedefürst	1,27	90	breitflüglig 3 Flügel ⌀ 1,20 m	1200	200	0,40	—	
Helgoland	1,34	90	langflüglig 4 Flügel ⌀ 1,10 m	1000 1100	—	1,60	—	
				1000	—	—	0,20	
Friedrich Wilhelm	1,28	110	breitflüglig 3 Flügel ⌀ 1,23 m	1200	200	1,40	—	
				1200	200	—	0,10	
Gustchen	—	120	langflüglig 4 Flügel ⌀ 1,35 m	1200	210—220	0,30	—	
				1200	210 220	—	0,60	
Elfriede	1,40	—	langflüglig 4 Flügel	800 850	170—180	1,60	—	
Alfred	1,35	90	breitflüglig 3 Flügel ⌀ 1,15 m	950	180—190	0,45	—	
			b) Doppelschraubendampfer.					
Rhein	1,24	150	breitflüglig 3 Flügel	1200	125—130	0,10	—	2 Versuche
Anna	1,12	80	breitflüglig 3 Flügel ⌀ 0,95 m	950—1000	210	1,40	—	2 Versuche
»	1,12	80	0,95 m	450—475	130	0,40	—	1 Versuch
Göben	1,56	150	breitflüglig 3 Flügel ⌀ 1300 mm	1200 1600 2100	100 134 160	0,60 0,40 0,30	— — —	1 Versuch vermutlich losen Sand fortgespült wie vor wie vor
			c) Thornycroftheckdampfer.					
Klara	1,15	240	breitflüglig 3 Flügel ⌀ 1,48 m	1200—1250	125—130	0,30 0,30	—	2 Versuche
»	1,15	240	»	1700—1750	146	0,60 0,90	—	nach endgültigen Aufnahmen 2 Versuche
»	1,15	240	»	2600	190—200	1,00	—	nach endgültigen Aufnahmen 1 Versuch
			d) Schrauben-(Fracht-)Dampfer »Falk« und »Helgoland« (Versuche mit Platte unter der Schraube).					
Falk	1,36	100	breitflüglig 3 Flügel ⌀ 1,35 m	1200	210	0,10	—	2 Versuche mit Platte unter der Schraube
»	1,36	100	»	1200	210	0,10	—	2 Versuche ohne Platte
Helgoland	1,34	90	langflüglig 4 Flügel ⌀ 1,15 m	1200	185	1,10 bzw. 1,40	—	2 Versuche ohne Platte
»	1,34	90	»	1150 bzw. 1200	180	0,80 bzw. 1,30	—	2 Versuche mit Platte unter der Schraube.

c) Einfluß der Zahl der Umdrehungen der Schiffsschraube.

Wenn, wie oben hervorgehoben, der Angriff auf die Uferbefestigung eine Funktion der Fahrgeschwindigkeit ist, so ist der Angriff auf die Sohle des Kanals eine Funktion der Schraubenarbeit. Aber nicht nur die Größe dieser Arbeit, d. h. die Kraftleistung und die Form der Schraube kommt hierbei in Betracht, sondern es scheint, daß auch die Zahl der Umdrehungen, die die Schraube in der Minute macht, von Einfluß ist. Je größer bei sonst gleicher Kraftleistung die Umdrehungszahl ist, desto stärker ist der Angriff auf die Sohle. Das Beispiel der Doppelschraubendampfer »Rhein« und »Anna« tut dies dar. Der Dampfer »Rhein« hat bei einer Zugkraft im Schleppseil von 1200 bis 1250 kg mit 125 bis 130 Umdrehungen kaum oder nicht nennenswerte Ausspülungen hervorgerufen, während der Dampfer »Anna« in gleicher Zeit bei einer Zugkraft von nur 950 bis 1000 kg aber mit 210 Umdrehungen in der Minute Ausspülungen von 1,10 bis 1,40 m unter der Kanalsohle herbeigeführt hat. Das gleiche ist der Fall gewesen bei den Einschraubendampfern, die mit einer Leistung von 90 PSi und rund 200 Umdrehungen arbeiten. Derselbe Doppelschrauber »Anna« erzeugte bei 130 Umdrehungen eine Ausspülung von nur 40 cm.

Es ist dies verständlich, wenn man bedenkt, daß die schnellen Umdrehungen eine größere Geschwindigkeit des aus der Schraube heraustretenden rotierenden Wasserzylinders erzeugen. Die Spülkraft ist mit wachsender Geschwindigkeit der Wasserbewegung eine größere.

Ein starker Dampfer kann also mit kleinerer Umdrehungszahl die gleiche Zugkraft ausüben, wie ein kleiner Dampfer mit starker Umdrehungszahl. Und da im ersten Falle die Wirkung auf die Kanalsohle weniger als im zweiten Fall ist, so ergibt sich, daß es für die Erhaltung der Kanalsohle vorteilhafter ist, einen Dampfer von z. B. 250 PS nur mit 100 PS bei langsamer Umdrehung arbeiten zu lassen, als einen Dampfer mit der normalen Leistung von 100 PS auch voll mit 100 PS und mit der ihm angepaßten größeren Umdrehungszahl in Anspruch zu nehmen.

Ein solcher Betrieb würde zwar an sich unwirtschaftlich sein, aber es folgert daraus immerhin die Richtschnur den praktischen Schiffbau auf den Binnenwasserstraßen darauf hinzulenken, bei sonst gleicher Leistung eine möglichst geringe Umdrehungszahl zu wählen. Und weiter wird zu erwägen sein, ob es sich empfiehlt, Schrauben mit großem Durchmesser und demgemäß größerer Kraftabgabe bei kleinerer Umdrehungszahl zu bauen. Das führt, da die Tiefenlage der Schraube begrenzt ist (1,40 m für den Großschiffahrtweg Berlin-Stettin) dazu, die Schiffswelle höher zu legen. Diese Überlegung lenkt dann weiter die Aufmerksamkeit auf das System des Tunnelheckdampfers hin. Aber weiterhin ergibt sich für den Schiffahrtsbetrieb, im besonderen in der Scheitelhaltung die Folgerung, daß es vorteilhafter ist, hier starke Dampfer, die aber auf eine Leistung von 60 PS abgedrosselt werden, fahren zu lassen, als Dampfer, die für die normale Leistung von 60 PS gebaut sind, nun auch in dieser Stärke voll zu verwenden. Es muß nur volle Gewähr für die Innehaltung dieser Leistungsbegrenzung gegeben sein. Nach den hierüber gepflogenen Erörterungen entspricht eine derartige Maßnahme durchaus den Wünschen der Schiffahrtsinteressenten[1]).

V. Versuche über den Einfluß der Schlepplast, der Schraubenform und der Dampfertypen auf das Schleppvermögen.

Bei Gelegenheit der Schraubenversuche wurden bei verschiedenen durch die Dynamometer verzeichneten Zugkräfte die jeweiligen Maschinenleistungen der verankerten Dampfer durch Indizieren bestimmt. Dieses geschah einmal, um nachträglich festzustellen, welche Maschinenleistungen bei den Schraubenversuchen an das Wasser abgegeben worden waren, und andererseits, um bessere Unterlagen für die Nutzwirkung der bei den Schleppversuchen gebrauchten Dampfer zu erhalten. Genaue zahlreiche Messungen dieser Art wurden besonders bei den Dampfern »Klara«, »Rhein« und den

---

[1]) Weiteres Seite 84 u. f.

den
ərten
utzt,
mit
.ede-
auf-
mit
von
ıchte

t die
pfers

mit
zur

5 kg
ernd
eher
'aus,
ver-
əhen
mit

Kahn

km/Std.

V
geschwi
Aber ni
hierbei
in der
zahl ist,
»Rhein«
1200 bi
vorgeru
aber mi
herbeig
Leistung
zeugte
geschw
Spülkra

wie ein
die Ka
sohle v
arbeiten
und mi

hin die
sonst g
wägen
Kraftab
grenzt
Diese
hin.
Folger
gedross
sind, n
dieser
eine de

V.

zeichn
bestim
Schrau
lagen
zahlrei

den
›rten
utzt,
mit
ıede-
auf-
mit
von
ıchte

t die
pfers

mit
zur

5 kg
ernd
eher
'aus,
rer-
ehen
mit

Kalm

km/Std.

gesch
Aber
hierb
in de
zahl
»Rhe
1200
vorge
aber
herbe
Leist
zeugt

Gesc
Spüll

wie
die K
sohle
arbei
und

hin
sonst
wäge
Kraft
grenz
Diese
hin.
Folge
gedro
sind,
diese
eine

V.

zeich
besti
Schr
lager
zahlr

Frachtdampfern »Göben« und »Falk« vorgenommen. Die so gewonnenen Ergebnisse sind auf den Abb. 85—88 (Taf. VIII u. IX) derart verzeichnet, daß die Zugkräfte in Abhängigkeit zu den indizierten PSi gebracht sind. Außerdem sind die von den Schleppversuchen vorhandenen Ergebnisse benutzt, um neben den Kurven der verankerten Dampfer die zugehörigen der freifahrenden Schleppzüge mit 1, 2 oder 3 Anhängern aufzutragen. Zum Vergleich sind auch diese letzteren für den Dampfer »Friedefürst« und die Kurven der festgelegten Dampfer »Klara« und »Rhein« mit denen des »Göben« aufgezeichnet. Die Kurven lassen zunächst erkennen, daß bei den Schraubenversuchen, die meist mit einem Dynamometerzug von rund 1200 kg ausgeführt wurden, durchschnittlich eine Leistung von 60 bis 75 PSi von den Schrauben abgegeben wurde. Lediglich der Selbstfahrer »Falk« beanspruchte zur Erzielung der gleichen Zugkraft i. M. 115 PSi.

Aus den Kurven geht ferner hervor, daß mit wachsender Anhängerzahl und Schlepplast die aufgewandte Maschinenstärke verhältnismäßig abnimmt. Es sei dies an einem Beispiel des Dampfers »Klara« erläutert. Dieser Dampfer hat zu einer Entwicklung von 1600 kg Zugkraft mit

1 Anhängeschiff	147 PSi
2 »	130 »
3 »	118 »

nötig gehabt. Der Grund ist darin zu suchen, daß, wie bei festgelegtem Dampfer, so auch mit wachsendem Widerstand der Anhänger der freifahrenden Dampfer eine bessere Stemmkraft zur Geltung kommen kann.

Es hat also nach der vorstehenden Reihe die Maschine mit 1 PSi = 10,9 bis 12,3 bzw. 13,5 kg Zug geleistet. Da nun der Kohlenverbrauch für 1 PSi Maschinenleistung in allen Fällen annähernd der gleiche ist und auch der Widerstand bei 1, 2 und 3 Anhängern fast proportional wächst, eher im Verhältnis noch etwas kleiner wird mit wachsender Zahl der Anhänger, so ergibt sich daraus, daß die wirtschaftliche Ausnutzung der Maschine eine um so vorteilhaftere d. h. verhältnismäßig der Betrieb um so billiger ist, je größer die Schlepplast ist; abgesehen davon, daß auch die sonstigen Betriebskosten (Löhne, Zinsen, Tilgung der Dampferkosten usw.) mit wachsender Nutzlast, auf die Einheit bezogen, sich vermindern.

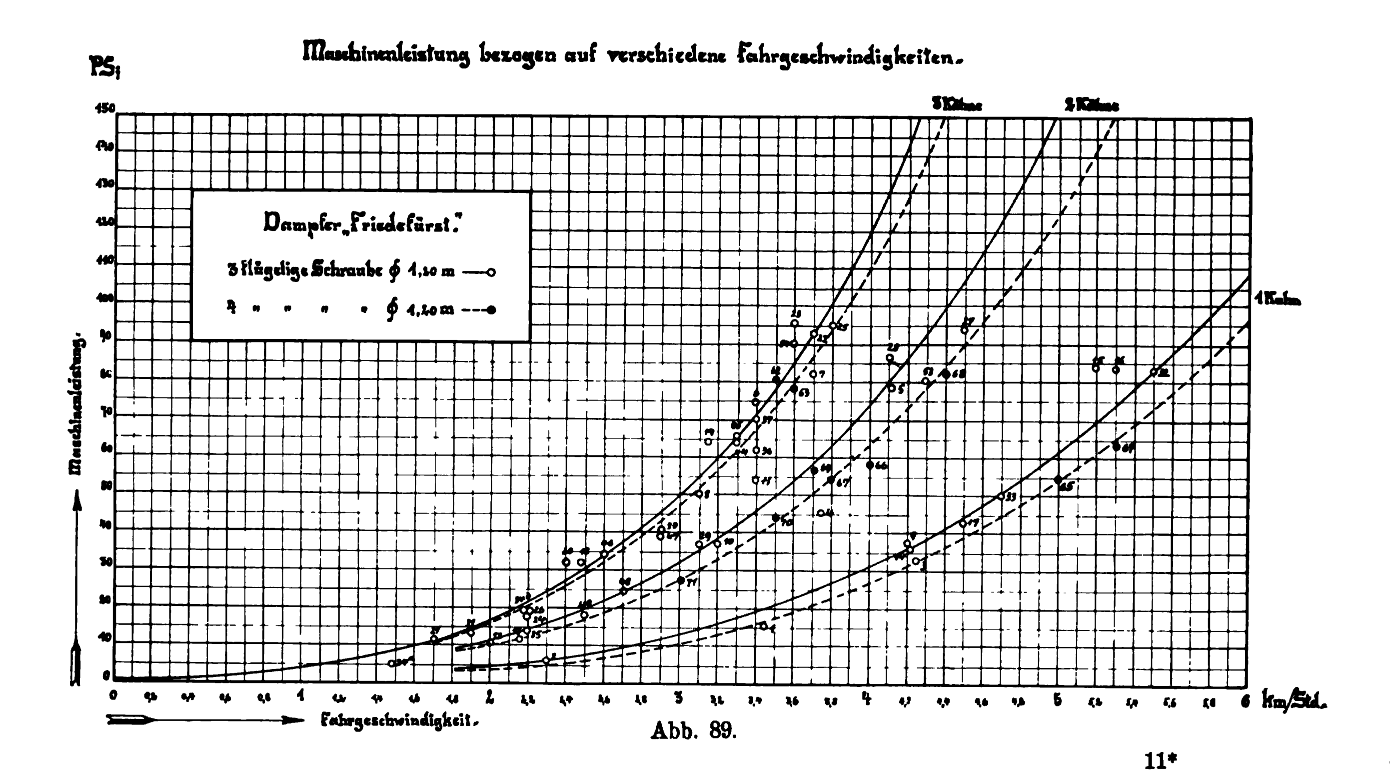


Abb. 89.

Aber die Industrie hat auch insofern den Wunsch nach Verwendung möglichst großer Dampfer auf der Scheitelstrecke, um die Schlepper auch auf den offenen Wasserstraßen, wo größere Maschinen unbegrenzt zugelassen werden, nach Bedarf verwenden zu können. Dieses Verlangen wird man an sich als berechtigtes ansehen dürfen, da es zu einer wirtschaftlich besseren Ausnutzung des in den Schleppern angelegten Kapitals führt.

Es ist weiterhin ersichtlich, daß der Dampfer »Klara« und der Dampfer »Göben« zur Erreichung einer Zugkraft die gleichen PSi erfordern, während der Dampfer »Rhein« zu dem gleichen Zweck 15 bis 20% und der Dampfer »Falk« sogar rd. 90% Mehrleistung bedarf. Ein Vergleich der Kurven für 1, 2 und 3 Anhänger ergibt, daß der Dampfer »Klara« und »Friedefürst« als gleichwertig aufzufassen sind, während der Dampfer »Rhein« auch hier bedeutend schlechter arbeitet.

Zur Feststellung, welche Nutzwirkung zwei der im Schleppbetrieb gebräuchlichsten Schrauben haben, wurde die dreiflüglige breite Schraube des Dampfers »Friedefürst« durch eine vierflüglige Schraube gleichen Durchmessers ersetzt. Die in Frage kommenden Punkte sind auf Abb. 89 (S. 83) verzeichnet. Wenn auch der genaue Verlauf der Kurven wegen der verhältnismäßig geringen Zahl von Fahrten ein etwas anderer sein kann, so läßt doch die Lage der Punkte den Schluß zu, daß die hier verwandte vierflüglige Schraube unter den vorliegenden Verhältnissen eine bessere Ausnutzung der Kräfte erzielt hat. Es darf jedoch nicht unterlassen werden, auch an dieser Stelle darauf hinzuweisen, daß auf die Kanalsohle die langflüglige Schraube einen ungünstigeren Einfluß als die breitflüglige mit 3 Schraubenflügeln geäußert hat.

Ein klassisches Beispiel für die Erzielung eines schlechten Nutzeffekts geben die beiden Fahrten 19 und 20 der Wernsdorfer Versuche mit dem Dampfer »Glückauf« (Abb. 13, S. 10), dessen Maschinen zur Erreichung der erforderlichen Zugkräfte von 860 bzw. 950 kg 121 bzw. 114 PSi hergeben mußten, während zur Erreichung derselben Wirkung die anderen Dampfer rund 55 PSi hergeben mußten.

VI. Festlegung der Maschinenstärke mit Rücksicht auf Erhaltung des Kanalbettes, Wirtschaftlichkeit des Betriebes und unter Berücksichtigung der Dampferarten.

Wie man auch die Ergebnisse der vorliegenden Schlepp- und Schraubenversuche auffassen und beurteilen mag, das eine wird man dabei nicht außer acht lassen dürfen: die Versuche haben in großen Kanalquerschnitten und mit Schiffsgefäßen stattgefunden, die dem unmittelbaren Schiffahrtsbetriebe entnommen waren. Die Ergebnisse sind aus Messungen gewonnen und beruhen nicht auf Voraussetzungen, Abschätzung von Koeffizienten oder rechnerischen Ableitungen. Das muß die Wertigkeit der Ergebnisse steigern und muß ihnen einen gewissen Vorrang einräumen, gegenüber denen aus Modellversuchen.

Bei der Festlegung der Maschinenstärke der Schleppdampfer wird man einen Ausgleich schaffen müssen zwischen zwei Ansprüchen: Auf der einen Seite steht der Wunsch der Handelskreise, einen großen Lastenzug mit möglichst großer Geschwindigkeit vorwärts zu bringen. Dazu ist eine reichliche Maschinenstärke nötig. Auf der anderen Seite ist das Interesse an der betriebsfähigen Erhaltung des Kanals, seiner Sohle und seiner Böschungen vorhanden. Besonders ist dieser Gesichtspunkt zu wahren in den künstlich abgedichteten Strecken beim Großschiffahrtweg Berlin-Stettin in der Scheitelhaltung.

Die Schrauben der Dampfer wirken, wie oben dargelegt, zerstörend auf das Kanalbett und verursachen vermehrte Unterhaltungskosten. Die Aufwühlungen der Kanalsohle und die damit bedingten Auflagerungen und Unregelmäßigkeiten im Querschnitt führen nicht nur zu Geldlasten, sie können auch die Sicherheit und die Aufrechterhaltung der Schiffahrt gefährden. Damit ist aber den Interessen der Schiffahrt nicht gedient. Es gilt also bei der Bemessung der Maschinenstärke den

Mittelweg zu finden zwischen diesen beiden Interessen. Gewiß wird man geringfügige Beschädigungen der Kanalsohle für unbedenklich halten dürfen, aber man wird sich hüten müssen, darin eine gewisse Grenze zu überschreiten.

Es ist die Frage, ob eine zu große Geschwindigkeit für die Industrie Vorteil hat. Wie die Abb. 13 und 34 (S. 10 und Taf. IV) und 42—46 (S. 39 u. f.) erkennen lassen, steigen bei großen Geschwindigkeiten von über 4 km die Kurven der Schleppleistungen außerordentlich steil an. Die Maschinenkräfte wachsen sehr schnell, und man wird prüfen müssen, ob der Vorteil der schnellen Förderung der Massen die Kosten des gesteigerten Kohlenverbrauchs aufwiegt. Es würde zu weit führen, hier auf diese bedeutsame Frage näher einzugehen. Es sei nur bemerkt, daß z. B. die Kohlenkosten für Förderung eines Schleppzuges von drei Schiffen zu je 600 t Nutzlast nach den Versuchsergebnissen bei 4 km Stundengeschwindigkeit fast doppelt so groß sind als bei 3 km Stundengeschwindigkeit. Bei 5 km ist der Kohlenaufwand mehr als der Dreifache wie bei 3 km stündlicher Fahrgeschwindigkeit. Vgl. auch S. 35.

Bei Beurteilung der Frage der Fahrgeschwindigkeit in den Schleppzügen wird man immerhin das Moment, das für den praktischen Schiffahrtsbetrieb sehr in die Wagschale fällt, nicht außer acht lassen dürfen, nämlich, daß es den Schiffahrttreibenden meist nicht so sehr auf die große Fahrgeschwindigkeit der Schleppzüge ankommt, als vielmehr darauf, große Massen, wenn auch mit geringerer Geschwindigkeit vorwärts und an das Ziel der Fahrt zu bringen. Es scheint also, daß es mehr in diesem Interesse liegt, eine möglichst große Zahl großer beladener Anhängeschiffe mit mäßiger Geschwindigkeit, als einen kurzen Schleppzug schnell zu fahren. Auf dem Finowkanal ist nach Beobachtung der Verwaltung der Märkischen Wasserstraßen in Potsdam die größte Geschwindigkeit der Schleppzüge im Durchschnitt 3,7 km in der Stunde. Zudem steigern sich die Gefahren der Schiffsunfälle erheblich mit wachsender Geschwindigkeit und entsprechend erhöhen sich die Versicherungssätze.

Bei der Wahl der zulässigen Maschinenstärke wird man ferner neben der Wirkungsweise der Schraube auch die Bodenart der Sohle beachten müssen. Die Versuche bei Saatwinkel fanden in einer Kanalstrecke mit feinem Sande, wie er sich in der Mark Brandenburg vorfindet, statt[1]. Auch die Überdeckung der Tonlage in der Scheitelstrecke des Großschiffahrtweges Berlin-Stettin besteht viel aus feinem Sande. Wo genügend grobes Material für diese Zwecke zur Verfügung steht, wird man bedacht sein müssen, solches, wenn auch mit einem vermehrten Kostenaufwande zu verwerten. Man wird dann entsprechend stärkere Dampfer zulassen dürfen, ohne doch einen zu großen Angriff auf die Sohlendeckungen befürchten zu müssen.

Ferner ist naturgemäß die Tiefenlage der Schraube nicht ohne Einfluß auf den Sohlenangriff. Je höher die Schraube liegt, desto günstiger gestalten sich die Verhältnisse für die Kanalerhaltung. Immerhin muß die Schraube, um vorteilhaft zu arbeiten, etwa 20 cm mit Wasser überdeckt sein. Da der Durchmesser der Schraube bei den Schleppdampfern bis etwa 100 und 120 PS Maschinenleistung im allgemeinen nicht größer als 1,15 bis 1,20 m zu sein pflegt, so würde der tiefste Punkt der Schraube etwa 1,35 bis 1,40 m unter Wasseroberfläche liegen. Diese Tiefenlage etwa hatten die Versuchsdampfer, und über dieses Maß wird man bei der üblichen Tiefe der neueren Kanäle von 3,0 m nicht hinausgehen dürfen. Es ist auch bei der unten folgenden Festlegung der Maschinenstärken vorausgesetzt. Ferner wird bei den folgenden Überlegungen angenommen, daß die Dampfer mit breitflügligen Schrauben ausgerüstet sind.

Die Versuche gingen von der Frage aus, welche Maschinenleistung notwendig ist, um 3 Anhänger von 600 t Tragfähigkeit mit 3,5 km Geschwindigkeit vorwärts zu bewegen, und haben ergeben, daß hierzu 90 PSi nötig sind. Andererseits haben die Schraubenversuche erwiesen, daß gewöhnliche Einschraubendampfer von dieser Leistung eine unzulässige Beschädigung der Kanalsohle herbeiführen müssen. Aber die Versuche haben auch Wege gewiesen, wie durch eine entsprechende Wahl der Dampfersysteme diese Nachteile vermieden werden können, unter Wahrung des erstrebten Zieles für die Schleppleistung.

---

[1]) Siehe Seite 16.

Auch die Art des Betriebes darf bei diesen Erwägungen nicht außer acht gelassen werden. Wo der Schleppbetrieb in den Händen der staatlichen Verwaltung liegt, wie dies der Fall bei den westlichen Kanälen (Rhein-Hannoverkanal) sein wird, wird man die Maschinenstärken leicht größer wählen können, weil man es vollkommen in der Hand hat, Einschränkungen vorzunehmen, falls sich aus der zu starken Schraubenarbeit Schädigungen ergeben sollten. Auf den östlichen Kanälen herrscht freie Schiffahrt und da werden später Beschränkungen stets auf großen Widerstand bei den Interessenten stoßen. Hier wird man also mit der Festlegung der Maschinenstärken vorsichtiger sein müssen.

Nach diesen allgemeinen Ausführungen und unter Berücksichtigung der früher mitgeteilten Ergebnisse dieser Versuche sollen im nachstehenden einige Schlußfolgerungen für die zulässige Maschinenstärke der einzelnen Dampferarten gezogen werden.

Gewöhnliche Einschraubendampfer. Die Wirkungsweise der gewöhnlichen Einschraubendampfer muß als eine sehr ungünstige bezeichnet werden, die dem Bestande der Kanalsohle in der Scheitelstrecke des Großschiffahrtweges mit seiner künstlichen Abdichtung gefährlich werden müßte, wenn die Dampfer mit einer indizierten Leistung von 90 PS arbeiten (1200 kg Zugleistung). Wenn zwar auch noch bei einer Schraubenarbeit von 60 PSi gewisse Austiefungen entstanden sind, so ist doch, wie schon oben dargelegt, die Wirkungsweise der langflügligen Schraube bei diesen Versuchen eine sehr ungünstige gewesen, und es kann angenommen werden, daß bei Verwendung einer breitflügligen Schraube und der Leistung von 60 PS die Sohlenangriffe sich auf ein geringeres, für den Bestand der Kanalabdichtung ungefährliches Maß beschränken werden. Die Maschinen stärkerer Einschraubendampfer gewöhnlicher Art, die die Havel oder Oderhaltung befahren, müßten für die Scheitelstrecke derart beeinflußt werden, daß sie nicht mehr wie 60 PSi abgeben können. Die Einrichtung ist derart gedacht, daß die Größe der Bewegungsmöglichkeit der Dampfeinlaßorgane z. B. durch einen künstlich geschaffenen Anschlag und dadurch die Dampfzuströmung zum Zylinder verringert wird. Gleichzeitig mit der Anbringung des Anschlags müßte dann eine Beeinflussung des Hilfsschiebers vor sich gehen, die bei vorübergehender Frischdampfverwendung im Niederdruckzylinder verhindert, daß die Gesamtleistung der Maschine mehr wie 60 PSi beträgt. Die Einrichtung könnte am Anfang der in Frage kommenden Kanalstrecke plombiert und am Ende wieder freigegeben werden.

Doppelschraubendampfer. Ob die bei den Versuchen gebrauchten Doppelschraubendampfer vorteilhaft für den Schiffahrtsbetrieb gebaut waren, im besonderen hinsichtlich der Form ihrer Schrauben, sei dahingestellt. Aber sie sind dem unmittelbaren Schiffahrtsbetriebe entnommen und man wird im praktischen Betriebe eben mit den verschiedenen Konstruktionstypen rechnen müssen, da es nicht durchführbar erscheint, der freien Schiffahrt ins einzelne gehende Vorschriften über Schraubenart usw. zu machen.

Das Ergebnis dieser Versuche mit den Doppelschraubern hat erkennen lassen, daß man auch bei diesem Dampfertyp auf einen Angriff auf die Kanalsohle gefaßt sein muß, wenn zwar im allgemeinen die Wirkung günstiger als bei den Einschraubern gewesen ist. Die Ausspülungen finden wohl darin ihre Erklärung, daß das zwischen den beiden Schrauben liegende Steuer ebenfalls eine Ablenkung des drehenden Wasserzylinders nach unten bewirkt, da die Schrauben nach innen arbeiten. Immerhin liegt das Steuer seitlich von den drehenden Wasserzylindern und der Schraubendurchmesser ist kleiner, so daß die Unterkante der Schraube weiter vom Boden abliegt als bei den Einschraubern. Die Ausspülungen sind bei Dampfer »Anna« fast die gleichen, wie sie bei den Einschraubern festgestellt worden sind. Günstiger sind allerdings die Ergebnisse mit den Dampfern »Rhein« und »Göben«. Man wird also auch den Doppelschraubern gegenüber eine gewisse Zurückhaltung hinsichtlich ihrer Einwirkung auf die Kanalsohle zu beachten haben. Immerhin wird man ihre Maschinenstärke um etwa 50 v. H. größer als die gewöhnlichen Einschraubendampfer bemessen dürfen.

Es könnten also Doppelschrauber in einer Stärke von 90 bis 100 PSi für die Scheitelhaltung — wenn vielleicht zunächst nur versuchsweise — zugelassen werden.

Thornycroftheck-(Tunnelheck-)Dampfer. In den Ergebnissen der Schraubenversuche kennzeichnet sich eine sehr günstige Wirkungsweise dieser Bauart für die Schonung der Kanalsohle.

Man wird daher diese Dampfer in wesentlich größerer Stärke für den Kanalbetrieb zulassen dürfen als die gewöhnlichen Einschraubendampfer und selbst als die Doppelschrauber, ohne doch zu starke Sohlenangriffe befürchten zu müssen. Im einzelnen wird die Entscheidung hierüber auch von der Bodenart der Kanalsohle abhängen. Bei den Bodenverhältnissen des Großschiffahrtweges Berlin-Stettin würde nach den Versuchsergebnissen bei Ausrüstung mit breitflügeligen Schrauben eine Stärke der Maschine 100 PS und wohl noch mehr unbedenklich erscheinen, falls die Schraube mit ihrem tiefsten Punkt nicht tiefer als 1,0 m unter Wasserspiegel liegt.

Dampfer mit Doppelsteuer. Die Ergebnisse der Modellversuche der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau sind durch die vorliegenden Versuche im allgemeinen bestätigt worden. Nur in einem Falle (Dampfer »Gustchen«) war das Steuer ohne Einfluß. Die Zweckmäßigkeit dieser Bauart sollte durch weitere Versuche mit großen Zweisteuerdampfern noch nachgeprüft werden. Dabei wird allerdings nicht außer acht zu lassen sein, daß hierbei die Form der Schraube (der Schaufeln) und ihre Steigung von Einfluß zu sein scheint, und auch dieser Einfluß dürfte durch entsprechende Versuche noch weiter zu klären sein. Es wird also diese Zweisteuerbauweise dem praktischen Schiffsbau zur Prüfung zu empfehlen sein. Für die Scheitelhaltung könnte eine Maschinenstärke von 90 bis 100 PSi zugelassen werden.

Dampfer mit Einsteuer vor der Schraube. Um diese Gefahrstelle zu vermeiden, kommt in Betracht, bei dem Einsteuerdampfer zu verbleiben, aber das Steuer vor die Schraube zu verlegen. Das Steuer behält dabei seine geschützte Lage, die Steuerkraft wird durch das zur Schraube strömende Wasser günstig gestaltet, und der Abstrom des Strudels aus der Schraube findet im freien Wasserquerschnitt statt. Andererseits wird aber, wie bei dem Zweisteuer, die Teilung des rotierenden Wasserzylinders mit seiner ungünstigen Einwirkung auf die Kanalsohle vermieden. Bei den Einsteuerdampfern von 100 PS hat das Steuer eine Flächengröße von etwa 1,25 qm. Der Platz hierfür läßt sich unter dem Heck vor der Schraube gewinnen. Gegebenenfalls findet eine Zerlegung des Steuers statt: die eine Hälfte der Fläche ist über der Schraubenwelle, die andere darunter zu legen, und beide Stücke sind durch einen Bügel zu verbinden, der um die Welle herumgreift. Der konstruktiven Lösung dieser Aufgabe würden sich nach Äußerung praktischer Schiffbauer Schwierigkeiten nicht entgegenstellen. Auch diese Bauweise wird also für den Schiffbau in Frage kommen und gegebenenfalls ihre Bewährung durch Versuche mit einem dementsprechend gebauten Dampfer nachzuprüfen sein. Nach Maßgabe der vorliegenden Beobachtungen erscheint es zulässig, Dampfer dieser Bauart bis zu einer Maschinenleistung von 100 PSi in der Scheitelhaltung zuzulassen.

Alle diese Ergebnisse können naturgemäß nur als allgemeiner Anhalt dienen und Leitlinien geben. Es wird dem praktischen Schiffbau überlassen sein müssen, die Ergebnisse weiter zu verfolgen, um die zweckmäßigsten Schiffsformen zu erproben auf Grund weiterer praktischer Erwägungen und theoretischer Studien.

Die neuen Gesichtspunkte, die aus den Ergebnissen dieser Versuche für den Schiffahrtsbetrieb auf Binnenkanälen gewonnen sind, bestehen in technischer Hinsicht also vornehmlich darin, daß bei Festsetzung der Maschinenstärken der Schleppdampfer die Schraubenwirkung Berücksichtigung gefunden hat und ferner darin, daß die Dampfer nach Maßgabe ihrer mehr oder minder schädlichen Einwirkung auf das Kanalbett geordnet und in Klassen mit abgestuften Stärken eingeteilt sind. Man kann hiernach den gewöhnlichen Einschraubendampfer und die Dampfer besonderer Bauart (Doppelschrauben-, Tunnelheck-, Doppelsteuer-Dampfer u. a.) unterscheiden. Eine fernere Neuheit liegt in dem Gedanken, Dampfer mit zu starker Maschinenanlage auf ein für den Kanalbetrieb in Dichtungsstrecken zulässiges Maß abzustellen. Das ist für die Schiffahrt gegenüber den sonst vorgesehenen Beschränkungen insofern ein Ausgleich, als Dampfer beliebiger Stärke, wenn erwünscht, für den durchgehenden Verkehr von einem Strome über den Kanal nach einem anderen Stromsystem Schleppdienste leisten können. Auf den gefährdeten Strecken müssen diese Dampfer in ihrer Maschinenleistung abgedrosselt werden. Damit ist eine große Beweglichkeit für den Schiffspark erreicht, die unbehinderte wirtschaftliche Verwertung des in den Dampfern angelegten Betriebskapitals ermöglicht. Das gilt naturgemäß für die gewöhnlichen Einschraubendampfer ebenso wie für die Dampfer besonderer Bauart.

Es ist zuzugeben, daß die gewöhnlichen Einschraubendampfer in ihrer Anwendbarkeit für den Kanalbetrieb durch die Festlegung ihrer Höchststärke auf 60 PSi sehr eingeengt sind. Sie werden in Dichtungsstrecken bei Kanälen heutiger Bauart nur in Schleppzügen mit zwei 600 t-Anhängeschiffen mit Geschwindigkeiten von etwa 3,5 km in der Stunde Verwendung finden dürfen. Es kann diesen Dampfern nur in dem Falle wieder ihre alte, uneingeschränkte Bedeutung zu Teil werden, wenn es gelingt ihre schädigenden Einwirkungen auf die Kanalsohle durch besondere Einrichtungen, wofür Gegenpropeller[1]), Spezialheck u. a. m. vorgeschlagen sind, zu beheben. So lange aber bis dies erreicht ist, stehen der Schiffahrt auf den Kanälen die »Dampfer besonderer Bauart« zur Verfügung, die die Schonung der Kanalsohle versprechen, ohne den vollen Lastenverkehr mit 3 beladenen 600 t-Kähnen zu beeinträchtigen.

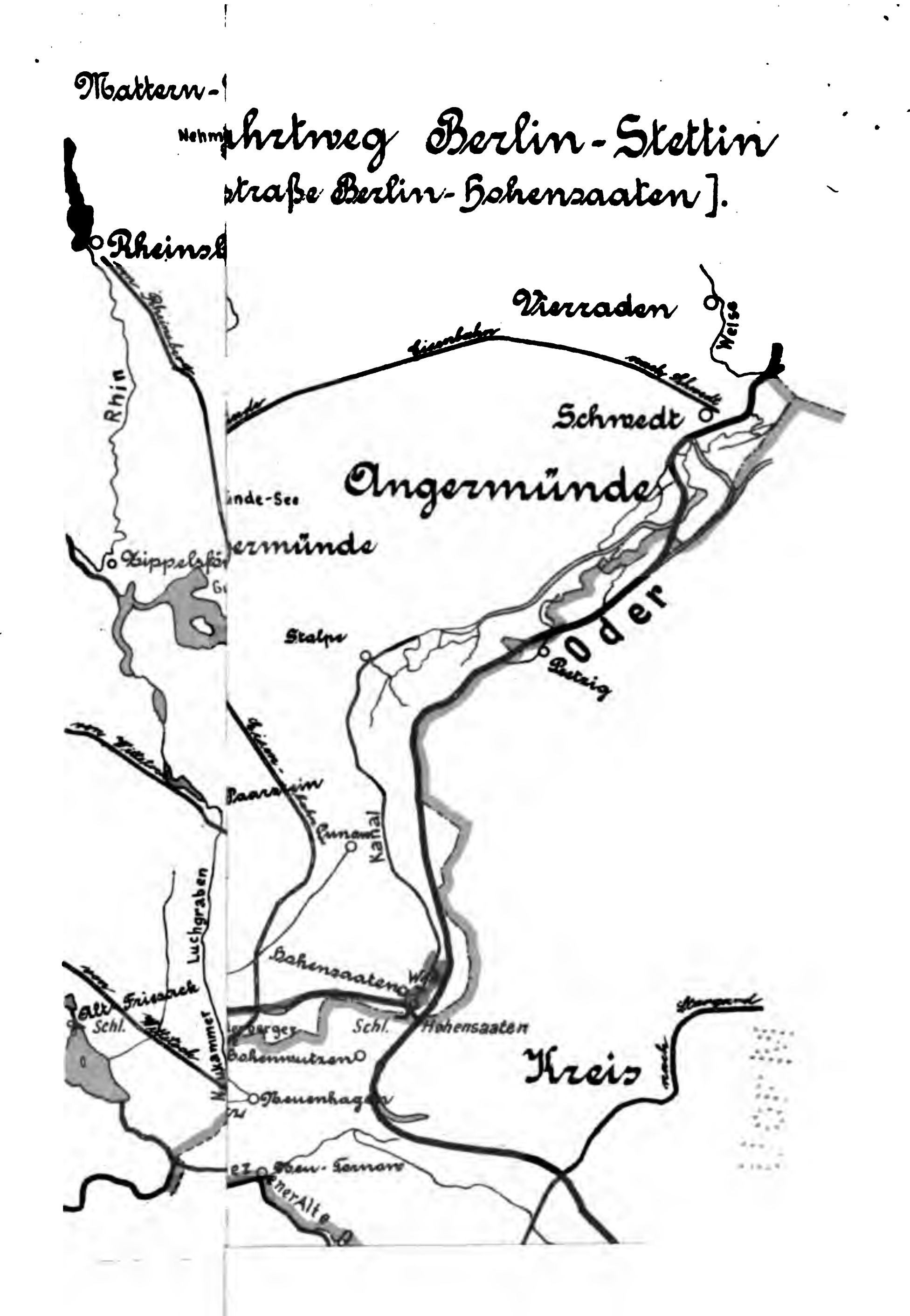
Die Versuche haben also zu einem positiven Ergebnis geführt, indem sie Mittel und Wege gewiesen haben, die Interessen an der Erhaltung des Kanals und eines sicheren Betriebes mit denen eines wirtschaftlich einträglichen Schiffahrtsverkehrs zu vereinigen.

Durchführung der Vorschriften. Für den öffentlichen Schiffahrtbetrieb wird es einer durchgreifenden Aufsicht bedürfen, falls Vorschriften dieser Art hinsichtlich Maschinenstärke, Schraubenform, Tiefenlage der Schraube, Abdrosselung usw. genaue Beachtung finden sollen. Die Dampfer werden vor Inbetriebnahme auf ihre Eigenschaften durch Indizierungen, Schraubenversuche u. a. m. zu untersuchen, und das Ergebnis dieser Prüfungen wird in amtlichen Bescheinigungen niederzulegen sein. Diese Ausweise müssen sich jederzeit an Bord des Schiffes befinden, damit sie von den Stromaufsichtsbeamten eingesehen werden können. Es kann in Frage kommen, für die Durchführung dieser Versuche eine Prüfungsstation am Kanal einzurichten.

---

[1]) Wagner, Praktische Ergebnisse mit Gegenpropellern. XIII. Ord. Hauptversamml. der Schiffbautechnischen Gesellschaft. Siehe ferner Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingenieure 1911 S. 2073.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.



Mattern-
hrtweg Berlin-Stettin
straße Berlin-Hohensaaten].
Vierraden
Schwedt
Angermünde
ermünde
Rhin
Stolpe
Oder
Kanal
Luchgraben
Hohensaaten
Schl.
Hohensaaten
Kreis

Großschiffahrtweg Berlin-Stettin.

Wasserstraße Berlin-Hohensaaten.

Spandauer Schleuse

Durchlaß Ragöser Fließ

Sandkrug Försterei Kahlenberg Brücke

Ragöser Mühlenweg Brücke

Sicherheitstor

Chaussee Eberswalde-Lüpe

1te Schleuse

2te Schleuse

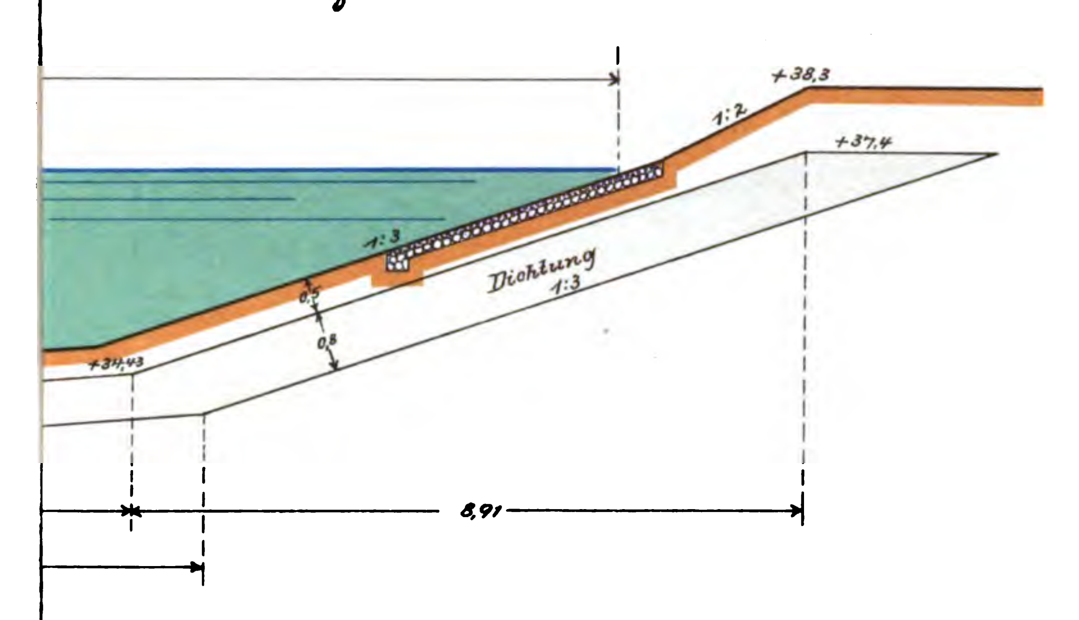
...leuse

mittelst Schleusentreppe

Kgl. Forst

Großschiffahrtweg Berlin - Stettin
Wasserstraße Berlin - Hohensaaten.

starker Dichtung.



die Erweiterung
r Kanales.

